

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Західноукраїнський національний університет

Андрій Крисоватий
Ірина Максимова
Віталіна Куриляк

КЛІМАТИЧНО-НЕЙТРАЛЬНА
ЕКОНОМІКА:
глобальна візія та цифрові
механізми досягнення

МОНОГРАФІЯ

Тернопіль
2024

*Рекомендовано вченою радою
Західноукраїнського національного університету
(протокол № 10 від 29 травня 2024 р.)*

Рецензенти:

Амоша Олександр Іванович – д.е.н., професор, академік Національної академії наук України, заслужений діяч науки і техніки України, почесний директор Інституту науки та промисловості НАН України.

Боярко Ірина Миколаївна – д.е.н., професор, проректор з наукової та навчально-методичної роботи Міжнародного Європейського Університету.

Булатова Олена Валеріївна – д.е.н., професор, перший проректор Маріупольського державного університету.

К 82 Крисоватий А. І., Максимова І. І., Куриляк В. Є. Кліматично-нейтральна економіка: глобальна візія та цифрові механізми досягнення. Тернопіль: ЗУНУ, 2024. 305 с.
ISBN 978-966-654-756-2

Монографію присвячено всебічному дослідженню фундаментальних аспектів формування та розвитку кліматично-нейтральної економіки у міжнародному дискурсі. Дослідження охоплює аналіз сучасних викликів та можливостей, що стоять перед світовою економікою у зв'язку зі зміною клімату, а також розглядає стратегічну роль диджиталізації як рушійної сили кліматичної нейтральності. Авторами розглянуто різноманітні метрики оцінки кліматично-нейтральної економіки з позицій зеленого зростання та цифрової трансформації. Визначено детермінанти реалізації міжнародних кліматично-цифрових проєктів у різних регіонах світу. Розвинуто концепцію зеленого-цифрового переходу у напрямку досягнення кліматичної нейтральності світової економіки, спираючись на досвід трансформації ключових індустрій ЄС. Визначено ключові аспекти фінансового забезпечення таких ініціатив. Окрема увага авторів зфокусована на проблематиці узгодження кліматичного курсу економіки України та ЄС на засадах диджиталізації та у контексті перспектив євроінтеграції і потреб повоєнного відновлення.

Монографія буде корисною для дослідників, викладачів, аспірантів, представників реального сектору економіки, а також усіх, хто цікавиться сучасними концепціями сталого економічного розвитку, кліматичної політики та диджиталізації.

ISBN 978-966-654-756-2

УДК 330.341.1:502/504

© А. І. Крисоватий, І. І. Максимова, В. Є. Куриляк
© ЗУНУ, Університетська думка, 2024

ЗМІСТ

ВСТУПНЕ СЛОВО..	5
------------------------	----------

ВІД АВТОРІВ..	7
----------------------	----------

РОЗДІЛ 1. ФУНДАМЕНТАЛЬНІ АСПЕКТИ КЛІМАТИЧНО-НЕЙТРАЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ ЯК ПЕРЕДУМОВИ ГЛОБАЛЬНОГО РОЗВИТКУ..	9
---	----------

1.1. Теоретичний бекграунд проблеми зміни клімату в контексті світової економіки та міжнародних політик.....	9
1.1.1. Світова економіка у вирі кліматичних викликів.....	9
1.1.2. Еволюційна динаміка міжнародних зусиль у формуванні кліматичного вектору світової економіки.....	23
1.2. Концептуалізація кліматично-нейтральної економіки у міжнародному науковому дискурсі..	39
1.3. Диджиталізація як складова забезпечення кліматичної нейтральності світової економіки.....	60

РОЗДІЛ 2. МЕТРИКИ ОЦІНКИ КЛІМАТИЧНО-НЕЙТРАЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ З ПОЗИЦІЙ ЗЕЛЕНОГО ЗРОСТАННЯ ТА ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ..	73
---	-----------

2.1. Міжнародна диференціація на шляху до кліматичної нейтральності світової економіки.....	73
2.2. Глобальні індекси в оцінці кліматично-нейтральної економіки..	86
2.3. Міжнародні кліматично-цифрові проекти та ініціативи.....	106

РОЗДІЛ 3. КОНЦЕПЦІЯ ПОДВІЙНОГО ЗЕЛЕНОГО-ЦИФРОВОГО ПЕРЕХОДУ ЯК ІДЕОЛОГІЯ РОЗВИТКУ КЛІМАТИЧНО-НЕЙТРАЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ.....119

- 3.1. Ідентифікація умов, цілей та можливостей цифрового-зеленого переходу в досягненні кліматичної нейтральності світової економіки..... 119
- 3.2. Досвід зеленого-цифрового переходу окремих галузей економіки: переосмислення форсайту ЄС.....136
- 3.3. Гармонізація зеленого-цифрового переходу світової економіки з позицій кліматичної нейтральності та інноваційності..166

РОЗДІЛ 4. ВІЗІЯ ГЛОБАЛЬНОГО РОЗВИТКУ КЛІМАТИЧНО-НЕЙТРАЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ НА ЗАСАДАХ ПОВСЮДНОЇ ДИДЖИТАЛІЗАЦІЇ..187

- 4.1. Фінансове забезпечення кліматичної нейтральності на міжнародному рівні..187
- 4.2. Моделі та практики переходу міжнародного бізнесу до кліматичної нейтральності крізь фокус ESG..211
- 4.3. Проблематика узгодження кліматичних політик України-ЄС в контексті євроінтеграції та повоєнного відновлення.....224

ВИСНОВКИ.....243**ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....247****ДОДАТКИ..293**

***Кліматично-нейтральна економіка – шлях
до зміцнення енергетичної незалежності і
національної безпеки України: вступне слово***

Нині кліматична криза продукує настільки всеохоплюючі негативні наслідки для системи світового господарювання, що обумовлює необхідність розгляду проблеми у більш широкому дискурсі, аніж традиційні питання зеленого переходу та екологізації економіки. Адже питання «стримання» глобального потепління життєвоважливе для сталого розвитку регіонів світу та збереження безпечного середовища для майбутніх поколінь.

Кліматична нейтральність постає цілісним концептом, який необхідно повсюдно інтегрувати в усі сфери людської діяльності та рівні стратегічного управління. Це своєрідна епістемологічна зміна, що символізує перехід до нового розуміння економічних політик за імперативами кліматичної сталості. З іншого боку, це потребує переосмислення ролі бізнесу, урядів та суспільства у створенні стійких моделей, які не тільки сфокусовані на економічному зростанні, але й передусім враховують довгостроковий вплив на клімат. Відтак, кліматична нейтральність постає важливою складовою стратегії зміцнення національної безпеки.

У монографії автори всебічно досліджують складні виклики, що стоять перед світовою економікою у зв'язку зі зміною клімату, і водночас пропонують цифрові інноваційні механізми для їх подолання та досягнення «чистого нуля» викидів вуглецю. Цінність наукового доробку авторів полягає у дослідженні проблематики фундаментальних основ кліматично-нейтральної економіки та обґрунтуванні практичних механізмів її зеленого переходу, що базуються на засадах повсюдної диджиталізації.

Результати досліджень авторів знайшли практичне втілення та впровадження у роботі Міністерства розвитку громад, територій та інфраструктури України, Комітеті

Верховної Ради України з питань цифрової трансформації, Комітеті Верховної Ради України з питань екологічної політики та природокористування, Організації з безпеки та співробітництва в Європі.

Дана монографія стане важливим джерелом для науковців, фахівців-практиків, державних діячів та усіх тих, хто залучений до формування нової парадигми сталого розвитку. Сподіваємося, видання авторів надихне читачів на нові дослідження, сприятиме формуванню ефективних рішень і слугуватиме надійним орієнтиром у досягненні спільних цілей сучасної науки – розвитку економіки у гармонійному фарватері збереження планети для майбутніх поколінь.

**Євген Васильович Савельєв,
професор, доктор економічних наук,
професор кафедри міжнародної економіки
Західноукраїнського національного університету
Заслужений діяч науки і техніки України
Віце-президент Академії економічних наук України**

ВІД АВТОРІВ

Метапарадигма світової економіки XXI століття формується під впливом невинного зростання суспільного запиту на сталість, що супроводжується дією цілої сукупності предикторів екологічного, технократичного та геополітичного характеру. Проблема зміни клімату формує один з найконтроверсійніших викликів для світової економіки, адже його подолання потребує крос-секторального підходу до формування нової культури господарювання та мультилатерального залучення усіх суб'єктів міжнародних відносин до конкретних кроків зі зменшення викидів.

Упродовж останньої декади світові економічні втрати, пов'язані зі зміною клімату, перевищили рекордну позначку у 16,4 мільйони доларів США за годину, а подальше зростання температури на 1°C загрожує втраті 12% світового ВВП. Екстремальні повені, пожежі, урагани та посухи – це далеко не повний перелік наслідків зміни клімату, що провокують значні збитки для економічних систем через руйнацію інфраструктури, трансформацію природних ландшафтів, втрату врожайності та біорізноманіття, підвищення вартості енергії, збільшення витрат на охорону здоров'я, кліматичну міграцію, зниження продуктивності праці та загальну дестабілізацію постачання ключових ресурсів.

Упродовж десятиріч індустріальної експансії світова економіка опинилася у своєрідній «вуглецевій пастці», для якої характерне стійке зростання загальносвітових викидів парникових газів та тривала залежність країн-важковаговиків промисловості від енергетичних ресурсів планети. Однією з ключових проблем залишається нездатність світової економіки працювати «на випередження» у питаннях реалізації кліматичних політик. Цей втрачений час стає подвійним фінансовим тягарем для міжнародного співтовариства,

що вимушене шукати все більше ресурсів для подолання кліматичної кризи відразу за кількома векторами, а саме: усунення перманентних руйнівних наслідків, адаптація економічної системи до нових умов господарювання, трансформація індустрій та підтримка зеленого переходу для забезпечення кліматичної сталості у майбутньому. Ситуацію загострює геополітична напруженість у зв'язку з війною росії проти України, що створює додаткові ризики для екологічної та енергетичної безпеки в усьому світі.

Втім, досвід кліматичного лідерства ЄС демонструє обнадійливі результати щодо спроможності окремих економік рухатися до «чистого нуля». Багато з цих практик може бути успішно екстрапольовано у світовому масштабі.

Так звана «кліматична нейтральність» постає досить закономірним холітистичним принципом світового розвитку, а кліматично-нейтральна економіка, у свою чергу, формує новий стандарт господарювання задля виходу з кліматичної кризи. Загальний підхід кліматично-нейтральної економіки влучно віддзеркалено у заклику Єврокомісії до міжнародного співтовариства: «Зменшуйте або компенсуйте!». Втім, у практичній площині це потребує повсюдного вдосконалення виробничих практик та пошуку доступних рішень із кліматичної адаптації та мітігації для усіх суб'єктів господарювання.

У цьому процесі значну роль відведено реалізації подвійного зеленого-цифрового переходу світової економіки. За останні десятиріччя цифрова трансформація набула неабиякого ефекту масштабу, впливаючи на політичні, соціально-економічні та культурні аспекти сучасного суспільства. Її значення стає все важливішим для розвитку сталих технологій, що спонукає до інтенсифікації інвестицій у зелені рішення та цифрові інновації задля боротьби зі зміною клімату.

Пропонована монографія систематизує міжнародний досвід та емпіричні дослідження авторів щодо тенденцій, рішень та механізмів розвитку світової економіки у напрямку досягнення кліматичної нейтральності, акцентуючи особливу увагу на проблематиці формування її глобальної візії та можливостях диджиталізації

РОЗДІЛ 1. ФУНДАМЕНТАЛЬНІ АСПЕКТИ КЛІМАТИЧНО- НЕЙТРАЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ ЯК ПЕРЕДУМОВИ ГЛОБАЛЬНОГО РОЗВИТКУ

1.1. Теоретичний бекграунд проблеми зміни клімату в контексті світової економіки та міжнародних політик

1.1.1. Світова економіка у вирі кліматичних викликів

Передумовами формування концепції кліматично-нейтральної економіки стали низка парадигмальних зрушень та усвідомлень, що обумовили необхідність перегляду традиційних підходів до світової системи господарювання та використання ресурсів.

Серед них доречно виокремити щонайменше 4 ключові взаємопов'язані напрямки:

1.Збагачення наукового дискурсу обґрунтованими доказами антропогенної природи кліматичної кризи, а також виявлення наслідків змін клімату та секторів критичних вразливостей в існуючих моделях економічного розвитку.

2.Зростання рівня усвідомленості суспільства щодо проблематики сталого розвитку, необхідності поведінкових змін та трансформації культури господарювання на мікро-, мезо- та мегарівнях.

3. Еволюційна консолідація міжнародних зусиль навколо проблематики зміни клімату, зокрема розвиток глобальних регулятивних політичних рамок та імплементація міжнародних зелених угод з чітким цілепокладанням та механізмами підтримки.

4. Загальний прогрес, зрілість та відносна доступність технологій, що дозволяють підтримати реалізацію зеленого переходу задля досягнення кліматичного паритету в кризних країнах світу.

Водночас, важливим предиктором реалізації ідеї кліматичної нейтральності є наочність наслідків зміни клімату для світової економіки та суспільства у цілому. З одного боку, вже не перше десятиріччя міжнародне співтовариство спостерігає маркери зміни клімату: екстремальні погодні умови, посилення природних катастроф, підвищення рівня морів, втрату біорізноманіття та зміну територіального ландшафту, що несе безумовні ризики для економічної стабільності, здоров'я та безпеки населення на локальному та глобальному рівнях. З іншого боку, за останні роки з'явилися досить потужні методики моніторингу такого впливу та оцінки конкретних економічних збитків, що вивело проблему зміни клімату на рівень світової економіки та політики. Це дозволяє говорити про появу нових можливостей у закріпленні відповідальності за окремими міжнародними акторами.

Починаючи з 2000-х років Міжурядова група експертів зі зміни клімату (IPCC) використовує методологію Атрибуції екстремальних погодних подій для оцінки наслідків зміни клімату. У звітах IPCC, починаючи з П'ятої та Шостої оціночних доповідей, акцентовано увагу на проблемі усе частішого прояву таких екстремальних явищ як посухи, повені та морські теплові хвилі саме через антропогенний вплив індустріальної діяльності людини [162, 163]. Нині результати такої оцінки використовуються для визначення економічних збитків та висвітлюються на міжнародному рівні.

У 2023 році Р. Ньюман та І. Ной представили результати масштабного дослідження збитків світової економіки внаслідок

зміни клімату, спричинених діяльністю людини [250]. Авторам вдалося виокремити 185 випадків екстремальних погодних подій антропогенної природи за останні 20 років, пов'язавши їх наслідки з економічними втратами. Загальні втрати світової економіки за цей період склали 2,8 трлн доларів, у середньому – 143 млрд доларів щорічно. При цьому більше 60% усіх випадків супроводжувалися не тільки матеріальними втратами, але й смертністю населення. За результатами альтернативних досліджень, до 2050 року глобальна вартість збитків внаслідок зміни клімату становитиме додатково від 1,7 до 3,1 трлн доларів [41, 155]. Відтак, ціна кліматичної безпеки для людства з роками стає все вищою та загрозливішою.

За останні декади втрати економіки ЄС від наслідків зміни клімату значним чином змінювались у загальному діапазоні від 3 до 59 млрд євро на рік (рис. 1.1).

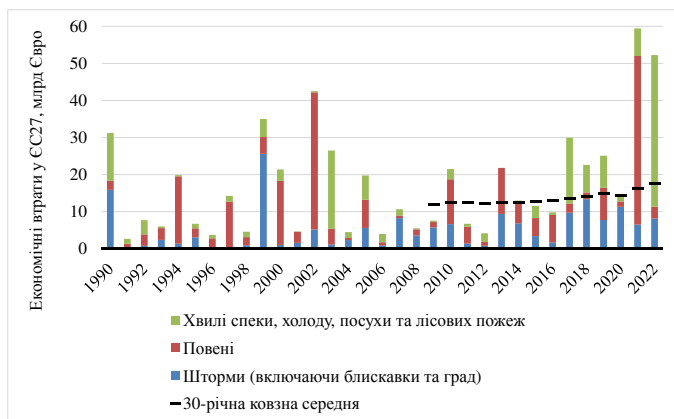


Рис. 1.1. Прямі втрати економіки ЄС від наслідків зміни клімату

Джерело: сформовано на основі відкритої бази даних [107]

Окрім зростання обсягу економічних втрат, змінилася їх структура. Як бачимо, в останні роки частка впливу теплових хвиль, посухи та пожеж значно зросла, обумовлюючи вагомі збитки для економіки ЄС.

Варто зазначити, що вищенаведені економічні оцінки стосуються лише прямих економічних збитків від наслідків зміни клімату, виникаючих під час чи одразу після певної події. На національному та місцевому рівні їх можна відносно легко зафіксувати на основі розроблених та опрацьованих методологій оцінки втрат від екстремальних погодних подій, одночасно розмежовуючи втрати власності через зруйноване житло, руйнацію доріг та інфраструктури, втрачений врожай тощо [71].

Однак, розуміння масштабів кліматичної кризи для світової економіки потребує також врахування ланцюжків непрямих економічних збитків, зокрема з метою закріплення відповідальності.

До них можна віднести [63, 158, 356]:

- зниження економічної доданої вартості через прямі збитки;

- втрата доходів локального бізнесу;

- мезоекономічні наслідки на постраждалій території: тимчасове безробіття, вплив на туристичну галузь, зміни у сільськогосподарських практиках, простої виробництва;

- порушення у ланцюгах постачання тощо.

Зазначені непрямі економічні збитки часто можуть виходити за межі не тільки постраждалої території, але й країни. Також непрямі збитки можуть мати тривалий часовий лаг дії, що ускладнює їх кількісну оцінку на рівні регіонів світу, економік окремих країн та світових галузей.

Загалом, у звіті Національного бюро економічних досліджень США [249] науковці ставлять під сумнів можливість своєчасного та швидкого попередження кліматичних змін за рахунок втримання зростання температури на рівні 1,5°C, як погоджено урядами у Паризькій Угоді. Натомість, вони прогнозують підвищення температури щонайменше на 3°C до кінця цього століття через тривалу залежність світового господарства від процесу спалювання викопного палива. У своєму наступному дослідженні розробники Звіту акцентують увагу, що така тенденція може призвести до «різкого падіння обсягів виробництва, капіталу

та споживання, яке перевищить 50% до 2100 року», а кожен додатковий $+1^{\circ}\text{C}$ підвищення глобальної температури обумовить падіння світового ВВП на 12% [22].

Багаторічний бекграунд кліматичної кризи призвів до надзвичайної багатовекторності її наслідків, що спостерігаються нині в усіх секторах світової економіки та потребують кращої консолідації міжнародних зусиль.

Аналіз наукових досліджень та статистичних оцінок у цій сфері дозволяє виокремити декілька ключових рівнів впливу зміни клімату на світову економіку (рис. 1.2).

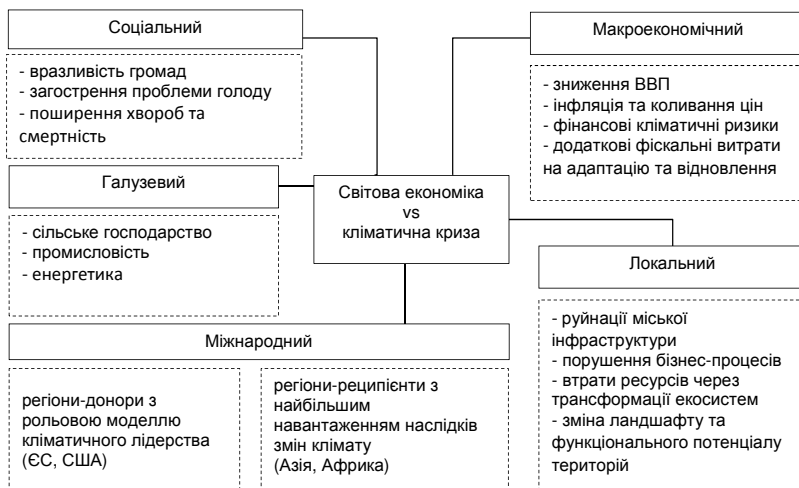


Рис. 1.2 Рівні впливу наслідків зміни клімату на світову економіку

Джерело: сформовано авторами

На рівні окремих галузей світової економіки вплив зміни клімату проявляється передусім у необхідності адаптації до нових кліматичних умов та пом'якшення наслідків, що передбачає зміну виробничих стратегій на низьковуглецеві, підвищення стійкості до екстремальних погодних явищ, реорганізацію ресурсного забезпечення тощо.

Найстрімкіший руйнівний вплив від наслідків зміни клімату простежується в аграрній галузі світової економіки. Ключові ризики – збільшення частоти посух та повеней через зростання температури, що безумовно негативно впливає на сільськогосподарське виробництво [219]. Вже зараз зміна кліматичних умов поступово призводить до зміщення посівних сезонів, що ускладнює планування сільськогосподарських робіт та збору врожаю [347]. Зокрема, очікується зниження врожайності основних культур, таких як пшениця, кукурудза та рис на 20-45%, 5-50% і 20-30% відповідно до 2100 року, що призведе до зростання цін на ці категорії продуктів на світових ринках [12]. Також приблизно 25% земельної площі у світі знаходиться у стані деградації через кліматичні зміни, що впливає на життя 1.5 мільярдів людей [там само]. Згідно багаторічного дослідження колективу австрійських науковців [169], зміна клімату може призвести до збільшення кількості людей, які страждають від недоїдання, до 73 мільйонів до 2050 року, якщо адаптаційні заходи не буде імплементовано на рівні світової економічної системи.

Світова промисловість також зазнає серйозних втрат через екстремальні погодні явища. Масштабне дослідження діяльності міжнародних корпорацій, проведене китайськими науковцями [206], висвітлює численні порушення бізнес-процесів практично в усіх індустріях через зміни клімату в регіонах. Водночас, саме світова промисловість є одним з найбільших емітентів вуглецю. За останні 30 років викиди CO₂ світового промислового сектору зросли на 32% та можуть зрости щонайменше удвічі до 2050 року при неналежному кліматичному регулюванні [313].

Для світової економіки наслідки зміни клімату стають все більш крос-секторальними, впливаючи комплексно на цілі індустріальні кластери. Дослідження американських вчених [223] показало, що нині у світі немає регіонів, які би потенційно могли уникнути кліматичної кризи. Також однією з найбільших проблем для економіки є те, що зміни клімату

повсюдно впливають відразу на декілька ключових галузей регіону, провокуючи значні економічні збитки та втрати ресурсів. На прикладі США науковці показали, що кліматична криза практично завжди охоплює певну комбінацію галузей (сільське господарство, туризм, транспорт, будівництво, промисловість) та водночас, призводить до комплексу негативних наслідків для економіки (зниження продуктивності праці, міграція, смертність від екстремальних температур, втрата власності тощо).

Важливо відзначити, що локальний рівень впливу зміни клімату на економіку також досить вагомий та проявляється передусім через руйнації у міському середовищі, посилення вразливості місцевих громад та неспроможність бізнесу вчасно перебудувати свою діяльність у контексті нових реалій. Фрагментарні впливи стають усе системнішими. Так, за останні десятиріччя прояв наслідків змін клімату значним чином збільшив навантаження на міську інфраструктуру, особливо – системи водопостачання та водовідведення, через підвищення рівня моря та частіші повені [308]. Водночас, через збільшення середньорічної температури спостерігається непередбачуване зростання попиту на енергію для охолодження, що призводить до перенавантаження міських енергомереж [63]. До цього переліку доречно додати різні соціальні наслідки зміни клімату, що проявляються у поширенні захворювань через аномальні збільшення популяцій комах-переносників хвороб, внутрішню міграцію, зміну структури зайнятості та загальне погіршення умов життя у громадах [289].

Врешті, кумулятивний ефект від зазначених проявів зміни клімату проявляється на макроекономічному рівні. Наукові праці останніх років свідчать про те, що зміна клімату суттєво впливає на економічне зростання в усьому світі. Результати дослідження французьких науковців [63] показали, що на макрорівні світова економіка до 2060 року втратить від 1.1 до 3.3 % ВВП щорічно через зменшення врожайності,

уваги на характер створеної продукції та її вуглецевий слід. За думкою науковця, хоча угоди ГУТТ та УТБТ передбачають фрагментарну зелену складову, залишається ризик своєрідної «міграції вуглецю» у країни, що розвиваються, через жорстке посилення екологічних стандартів у розвинених країнах світу, особливо США та ЄС.

Утім, роль світової торгівлі у питаннях зміни клімату глибша з точки зору адресації соціальних викликів сталого розвитку. Як показали результати багаторічної експертизи колективу австрійських науковців [169], міжнародні торговельні процеси мають важливе значення у подоланні проблеми голоду, що обумовлені жорсткими наслідками зміни клімату у залежних від імпорту продовольства регіонах. Так, зменшення торговельних тарифів, інституційних бар'єрів та всіляка підтримка локальних фермерів у постраждалих регіонах може знизити кількість людей, які страждають від недоїдання, до -65% [там само]. Зазначимо, що важлива роль світової торгівлі полягає також у пожвавленні експорто-імпортних операцій в галузі зелених технологій та їх міжнародному трансферу, що передбачено зеленими угодами [179].

Окрім цього, світова торгівля розглядається як можлива сферареалізації економічних торговельних санкцій проти держав, що не дотримуються міжнародних кліматичних домовленостей щодо зменшення викидів. Масштабне дослідження колективу німецьких науковців [144] проілюструвало, що такі «зелені» торговельні санкції можуть сприяти ефективній співпраці у напрямку пом'якшення наслідків зміни клімату для світової економіки, але виключно за умови формування достатньо великих коаліцій держав.

Зазначимо, що на міжнародному рівні проблема зміни клімату також обумовлює додаткові виклики геополітичного, безпекового та соціокультурного характеру. Один із них – ризик загострення конфліктів між країнами через порушення доступу до водних та земельних ресурсів. Певна ескалація простежується нині в країнах Близького Сходу та Африки, що

пошкодження інфраструктури від природних катаклізмів та підвищення рівня моря. Найбільші втрати очікуються в Африці та Азії, де регіональні економіки найвразливіші до кліматичних змін.

Також прослідковується причинно-наслідковий зв'язок між змінами клімату та стабільністю світової фінансової системи. Використовуючи макроекономічні моделі та метод сценаріїв, колектив італійських вчених обґрунтував цікаву гіпотезу стосовно впливу зміни клімату на фінансовий та банківський сектор [195]. Результати моделювання показали, що зміна клімату впливає на збільшення імовірності банківських криз у діапазоні 26-248%, а підтримка держави для таких неплатоспроможних інституцій створює фіскальний тягар у розмірі приблизно 5-15% ВВП щорічно. Альтернативні дослідження [78, 234] висвітлюють проблему неадекватної оцінки кліматичних ризиків фінансовими та банківськими установами на міжнародному та державному рівнях, а також у портфелях інвесторів. Імплементация кліматичних політик розглядається як важіль фінансової стабільності та стимулювання зелених інвестицій [78]. У цьому контексті зелене фінансування та інвестиції відіграють все вагомішу роль у пом'якшенні наслідків кліматичних змін [277].

Дискусійним питанням є вплив наслідків зміни клімату на міжнародну торгівлю, де екстремальні погодні явища здебільшого створюють перешкоди у постачанні критично важливого експорту на глобальному рівні. Проте, такий вплив не завжди негативний. Один із показових випадків – Північний морський шлях, що стає доступнішим для подолання торговельних маршрутів через танення арктичного льоду [63]. У своєму дослідженні професор М. Алкуда розвиває теорію конфлікту між світовими зеленими та торговельними політиками [7]. Згідно неї, світова економіка перебуває у вирі протиріч між зеленими політиками, спрямованими на зниження викидів парникових газів, та світовими торговельними угодами, що пріоритезують обсяги операцій та не звертають належної

спільно використовують водні басейни [190]. Напруженість виникає через обмежений доступ до води у зв'язку з посиленням посух, викликаних інтенсифікацією змін клімату. Інший виклик – імплементація регуляторних рамок щодо кліматичної міграції. Дослідження [204, 231] показали комплексний вплив кліматичної міграції на світову економіку через реструктуризацію ринків праці, зміну балансу попиту та пропозиції робочої сили в регіонах, а також проблему соціальних втрат, реінтеграції та асиміляції кліматичних біженців.

Розглянутий спектр впливів зміни клімату на світову економіку пояснює актуальність та своєчасність пошуку механізмів попередження кліматичної кризи та пом'якшення її наслідків. Підкреслимо, що антропогенна природа зміни клімату пов'язується з теорією глобального потепління, а саме – проблематикою надмірної генерації викидів парникових газів сучасною індустрією [163]. Обсяги викидів CO₂ та інші парникові гази, такі як метан і закис азоту, потрапляють в атмосферу переважно внаслідок спалення викопного палива у процесі виробничої діяльності різних суб'єктів сучасної економіки. Відтак, ці показники є ключовими наочними метриками при оцінці впливу світової системи господарювання на загострення кліматичної проблематики.

На глобальному рівні викиди парникових газів продовжують зростати, демонструючи чіткий тренд (рис. 1.3).

2023 року обсяги викидів світової економіки склали 54,85 млрд тон вуглецю, що на 65% більше рівня 1990 року, який найчастіше береться за певну базову точку відліку для оцінки рівня декарбонізації економіки, темпів скорочення викидів та встановлення національно-визначених внесків. Також попри контрастне планомірне скорочення викидів в ЄС на 31% до 1990 року до 3,4 млрд тон вуглецю, загальні обсяги CO₂ на глобальному рівні продовжили зростати, що свідчить про складність регуляції проблеми досягнення «чистого нуля» на рівні світової економіки.

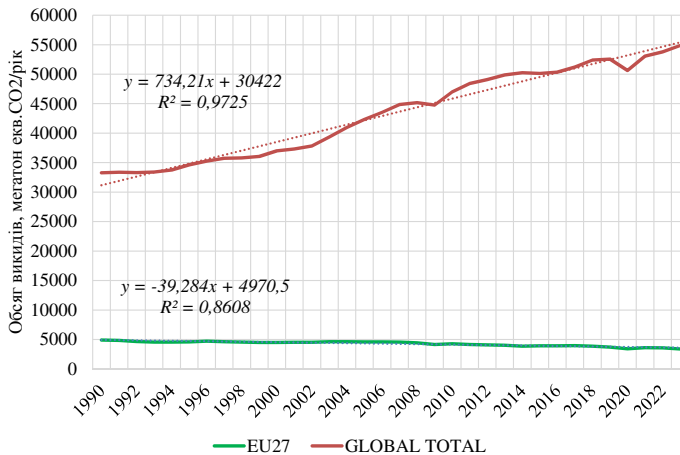


Рис. 1.3. Динаміка вуглецевого сліду світової економіки та ЄС

Джерело: побудовано авторами на основі щорічника викидів [55]

Зазначимо, що в умовах такого зростання «соціальна вартість вуглецю» може становити більше 1000 доларів США за метричну тонну викидів, що значно перевищує поточні коливання від 51 до 190 доларів США за метричну тонну [321]. Таке зростання створить значний фінансовий тиск на менш розвинені країни світу, для яких боротьба зі змінами клімату нині досить складний кейс, зокрема, через потенційне зростання вартості енергії. Левова частка викидів світової промисловості традиційно утворюється внаслідок спалювання викопного палива для енергогенерації. Відтак, відповідне зниження викидів та адаптація у відповідних секторах економіки призведе до значних вигод для світової економіки та суспільства у цілому [223].

Зниження викидів – першочерговий та невід’ємний напрямок подолання кліматичної кризи. У цьому контексті варто згадати RCP-сценарії майбутніх змін концентрацій

парникових газів в атмосфері, що свого часу були схвалені різними дослідницькими групами з усього світу як частина П'ятої оцінки Міжурядової групи експертів із питань змін клімату IPCC [162].

Чотири з них донині використовуються для моделювання кліматичних змін, а їх втілення безпосередньо залежить від напрямку та характеру розвитку світової економіки (табл. 1.1).

Таблиця 1.1.

**RCP-сценарії в контексті скорочення
викидів та економічних витрат**

RCP-сценарій	Суть (стабілізація радіаційного примусу Землі до 2100 р.)	Необхідне скорочення викидів	Супровідні ефекти
1	2	3	4
RCP2.6	на рівні 2.6 Вт/м ²	Скорочення викидів на 70% до 2100 року	Значні витрати на адаптацію та зниження викидів, але найменші довгострокові економічні втрати, покращення якості повітря та зменшення захворюваності
RCP4.5	на рівні 4.5 Вт/м ²	Скорочення викидів на 50% до 2100 року	Помірні витрати на адаптацію та стабілізацію викидів, менші економічні втрати порівняно з RCP6.0 та RCP8.5, зменшення економічних втрат через зниження забруднення повітря та покращення здоров'я населення
RCP6.0	на рівні 6.0 Вт/м ²	Скорочення викидів на 30-40% до 2100 року	Помірні витрати на адаптацію та стабілізацію викидів, значні економічні втрати у довгостроковій перспективі через недостатні заходи зі скорочення викидів, регіональні відмінності у витратах та впливах
RCP8.5	на рівні 8.5 Вт/м ² до 2100 року	Без скорочень викидів, високі викиди	Значні економічні втрати через кліматичні катастрофи, зниження продуктивності та високі витрати на охорону здоров'я, високе зростання рівня моря та повені

Джерело: Сформовано авторами на основі [114, 319, 354]

Зазначимо, що наведені сценарії стосуються своєрідних темпів декарбонізації економіки на глобальному рівні, тоді як Європейський Союз та окремі країни надають перевагу встановленню жорсткіших скорочень у коротші періоди часу.

Для світової економіки найпозитивнішим вважається сценарій RCP2.6, але його реалізація потребує втілення жорсткої концепції «від'ємних викидів», коли світові індустрії максимально скорочують обсяги генерації вуглецю, а лівова частка емісії парникових газів поглинається сучасними технологіями секвестрації BECCS (біоенергетика з уловлюванням та зберіганням вуглецю) [126]. Успішність такого сценарію безпосередньо залежить не тільки від спроможності світової економіки консолідувати зусилля усіх суб'єктів господарювання у напрямку декарбонізації, але й значною мірою від достатнього інноваційного та технологічного потенціалу для повсякденного розгортання систем поглинання вуглецю.

Натомість сценарій RCP4.5 покладається здебільшого на зелену трансформацію промисловості за рахунок значних інвестицій у низьковуглецеві технології. Сценарії RCP6.0 та RCP8.5 окреслюють ситуацію, коли скорочення викидів недостатнє для подолання кліматичної кризи передусім через слабкі кліматичні політики та ігнорування міжнародних домовленостей важковаговиками промисловості.

На тлі зазначених сценаріїв, дослідження колективу австрійських науковців показало вагомий регіональний підтекст кліматичної кризи, згідно якого до 2050 року найбільші втрати світової економіки будуть обумовлені значним падінням продуктивності праці до 31% при RCP4.5 та до 38% для RCP8.5, особливо у країнах Південно-Східній Азії та на Близькому Сході [186].

Враховуючи описану проблематику, ідея «кліматично-нейтральної економіки» по суті спрямована на досягнення світового консенсусу щодо вирішення проблеми зміни клімату за допомогою реалізації стратегій чистих нульових викидів та глобальної декарбонізації.

Рамкова конвенція Організації Об'єднаних Націй про зміну клімату (РКЗК ООН) визначає кліматичну нейтральність як досягнення чистих нульових викидів парникових газів шляхом балансування кількості парникових газів, що генеруються індустріями, еквівалентними компенсаціями або поглинанням вуглецю природними поглиначами, такими як ліси та океани. Це передбачає поєднання стратегій скорочення викидів на рівні економіки та впровадження заходів для компенсації решти викидів через уловлювання та зберігання вуглецю [331].

Подібним чином Європейський Союз, прийнявши рішення стати першим кліматично нейтральним континентом до 2050 року, визначає кліматично-нейтральну економіку як економіку з нульовими викидами парникових газів [89]. Стратегія кліматичної нейтральності передбачає трансформацію економіки за допомогою комплексного набору заходів, включаючи технологічні інновації, розширення можливостей громадян та узгодження дій у промисловій політиці, фінансах та дослідженнях [88].

Зазначимо, що окреслена проблематика антропогенної природи зміни клімату та її відчутні наслідки для економіки, виводить проблему з когорти екологічних питань на рівень світового господарства та міжнародних відносин.

Це пояснюється щонайменше трьома ключовими аспектами.

- По-перше, вихідним джерелом поточних загрозливих темпів зміни клімату є діяльність людини на всіх рівнях економічної системи, що призводить до генерації парникових газів прямо чи опосередковано через практики сучасних індустрій, обрані бізнес-стратегії, характер споживання ресурсів та навіть поведінкові звички та щоденну рутину.

- По-друге, кінцевим адресатом цих наслідків у підсумку є також світова економіка у всьому різноманітті її суб'єктів та процесів. Це проявляється не лише у збільшенні витрат на адаптацію інфраструктури, галузевого бізнесу, екосистем

та громад до екстремальних погодних умов, але й у ревізії стратегій господарювання та переосмисленні концепцій економічного зростання. Кожен із цих аспектів потребує значних ресурсів та змін в управлінських підходах, що вимагає від усіх учасників ринку зосередити зусилля не тільки на мінімізації своїх викидів, але й визначенні свого внеску на глобальнішому рівні.

- По-третє, подолання кліматичних викликів можливе за умов системної та цілісної трансформації економіки, реформування регулятивної політики з метою заохочення екологічно сталих практик та прояву спільних зусиль усіх учасників міжнародних відносин.

Отже, поява та поширення наративу щодо кліматичної нейтральності світової економіки – логічна відповідь щодо досягнення паритету між економічними інтересами та безумовними екологічними ризиками, що можуть ставати все загрозливішими за умов недостатньої активності світової спільноти.

1.1.2 Еволюційна динаміка міжнародних зусиль у формуванні кліматичного вектору світової економіки

Злагодженість світових політик та консолідація міжнародних зусиль відіграє провідну роль у трансформації економіки задля подолання кліматичних викликів. На глобальному рівні вирішення проблеми потребує потужного кліматичного лідерства та мультилатерального залучення усіх держав, незалежно від геополітичного контексту та рівня економічного розвитку.

Більш того, сучасне суспільство демонструє досить глибоку усвідомленість у кліматичній проблематиці, формуючи стійкий запит щодо протидії наслідкам зміни клімату та впровадження зелених політик (рис. 1.4).

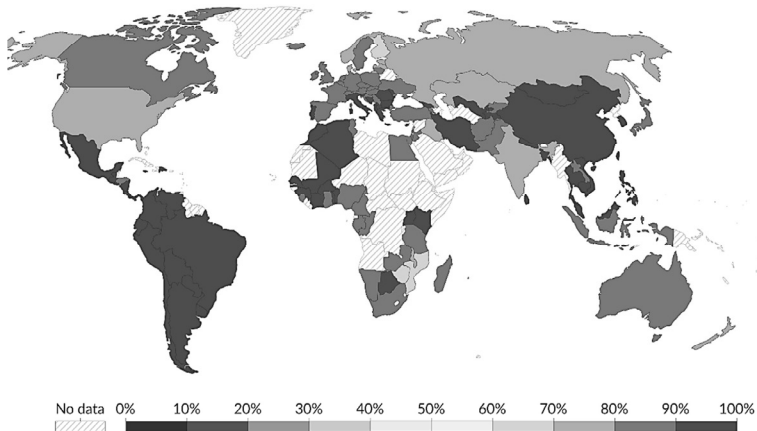


Рис. 1.4. Відсоток громадян, які вважають за необхідне посилити дії уряду у подоланні кліматичного виклику

Джерело: відкрита статистична платформа ourworldindata.org [348]

Наведена статистика дає підстави вважати, що світова спільнота не тільки готова підтримати міжнародні кліматичні ініціативи, але й чинитиме відповідний тиск на уряди та економічних акторів. Нещодавня стаття, опублікована у *Nature Climate Change*, виявила таку ж високу стурбованість та підтримку за результатами опитування майже 130 000 осіб у 125 країнах [10]. 89% хотіли бачити більше політичних дій щодо зеленого переходу економіки задля протидії змінам клімату; 86% зазначили, що люди в їх країні «мають передусім самі намагатися боротися з глобальним потеплінням»; 69% підтвердили, що готові регулярно вносити щонайменше 1% свого доходу на боротьбу зі зміною клімату. Втім, альтернативні дослідження ідентифікують певний розрив у сприйнятті серйозності проблеми зміни клімату у різних країнах [301, 348]. Зміцнення усвідомленості суспільства – важливий аспект, адже реалізація кліматичних політик на

практиці передбачає суттєву трансформацію економічної системи, що потребує не тільки організаційно-технологічної готовності економіки, але й сприйняття цих змін її суб'єктами.

Безумовно позитивним фактом є те, що в останні десятиліття світовий суспільний наратив змістився від питання «Чи відбувається зміна клімату?» до питання «Як ми можемо зробити більше?» та відкритої дискусії щодо переваг, запропонованих тими чи іншими рішеннями у подоланні кліматичної кризи.

Велику роль у цьому процесі відіграли міжнародні ініціативи останніх десятиріч. Їх ретроспективний аналіз дозволяє оцінити поточний рівень світової конвергенції та консолідації міжнародних зусиль щодо питання кліматично-нейтрального розвитку світової економіки.

Ключові віхи еволюційного розвитку відображено на графіку (рис. 1.5).

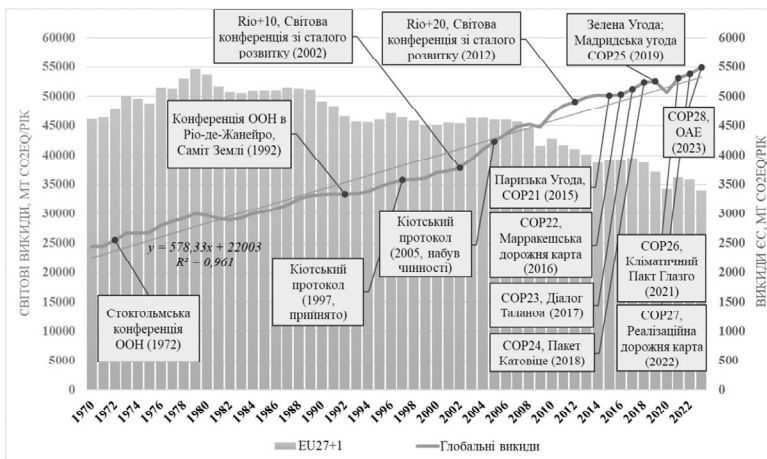


Рис. 1.5. Динаміка ключових міжнародних ініціатив у сфері зеленого переходу економіки

Джерело: побудовано авторами на основі дослідження міжнародного історико-політичного експерсу

Наведена візуалізація репрезентує ключові зелені міжнародні ініціативи та угоди відносно до світової динаміки викидів.

Отже, за останні понад 50 років світова економіка супроводжується зростаючим трендом викидів парникових газів попри імплементацію ключових зелених угод. Середньорічний приріст за ці роки складає 1,6%, що еквівалентно 578,3 мегатонам еквіваленту вуглецю на рік. Водночас, Європейський Союз демонструє спадну динаміку викидів, «зламавши тренд» вуглецевоемності. Зазначимо, що до 1980 року економіка ЄС нарощувала вуглецевий слід зі швидкістю 1,8% (82,3 мегатони вуглецю) на рік. З того часу та донині тренд зниження викидів у ЄС відносно стабільний, складаючи у середньому 0,85% на рік (36,7 мегатон вуглецю). Цікавий факт впливу світової пандемії COVID-19, що через падіння світового виробництва обумовила найбільше за увесь багаторічний період ланцюгове скорочення викидів на 3,7% у світі та 7,7% у ЄС у 2020 році. Проте вже 2021 року світова індустрія знову наростила вуглецевий слід на 4,8% та 5,6% відповідно. У цьому контексті спроможність світової економіки досягти «чистого нуля» викидів до 2050 року викликає очевидні сумніви, обумовлюючи необхідність інтенсифікації міжнародних зусиль.

Утім, попри наявний тренд, реалізовані за півсторіччя зелені ініціативи дозволили певним чином просунутися в імплементації доктрини кліматично орієнтованого розвитку світової економіки.

Стокгольмська конференція Організації Об'єднаних Націй 1972 року була першою подією світового рівня, на якій проблема навколишнього середовища стала головною темою дискусії та була розглянута саме з точки зору світової індустрії, як першопричини екологічних впливів. Кількома роками раніше Швеція висунула ініціативу до Економічної та Соціальної Ради ООН ECOSOC щодо проведення конференції ООН у новому форматі, він мав зосередитися на взаємодії людини з навколишнім середовищем. У підсумку конференція

об'єднала 114 країн, зосередившись на «стимулюванні та наданні керівних принципів для дій національних урядів та міжнародних організацій», що стикаються з екологічними проблемами [32]. Рішення, ухвалені в Стокгольмі, включали утворення першої Програми ООН із навколишнього середовища (UNEP) та підписання спільної Декларації з 26 принципів. Конференція започаткувала широкий діалог між промислово розвиненими країнами та країнами, що розвиваються, щодо зв'язку між економічним зростанням, забрудненням повітря, води та океанів і благополуччям людей у всьому світі. Хоча Стокгольмська конференція відзначалася як перший значний крок у напрямку екологізації економіки, її також критикували за недостатню ефективність та незначну увагу до питань економічного зростання у нових реаліях.

Зазначимо, що перші відчутні вповільнення викидів світова економіка почала демонструвати через 10 років після Стокгольмської конференції. Пізніше, комісія Брутланд, офіційно відома як Світова комісія з навколишнього середовища та розвитку, опублікувала славнозвісний звіт «Наше спільне майбутнє» [327], де відкрито проголосила важливий акцент щодо нестабільності світової політичної ситуації та економічних перешкод для досягнення гармонізації соціальних, економічних та екологічних показників світового розвитку. Важливим аспектом було те, що у документі міжнародні експерти пов'язали глобальні екологічні проблеми із соціально-економічними процесами, зокрема, бідністю та нерівністю, закликавши до глобальної співпраці між країнами різного рівня розвитку та інтеграції екологічних міркувань в основі економічного планування та розвитку.

Наступна конференція ООН із навколишнього середовища та розвитку, відома як Конференція в Ріо-де-Жанейро або «Саміт Землі», відбулася після значної 20-ти річної перерви 1992 року. Саміт Землі було задумано, як широку платформу для співпраці країн на міжнародному рівні, враховуючи проблематику економічного розвитку після холодної війни. Це

був своєрідний приклад усвідомлення, що проблеми, пов'язані зі стійкістю, є практично неподоланими для окремих держав. Ключове досягнення конференції 1992 року – прийняття Рамкової конвенції ООН про зміну клімату, створеної частково як міжнародна екологічна угода для боротьби з «небезпечним втручанням людини в кліматичну систему» та для стабілізації концентрації парникових газів в атмосфері [148]. Тоді її підписали 154 держави, нині угода об'єднує 198 країн. Вищий керівний орган, Конференція сторін (COP), збирається щороку для оцінки прогресу у боротьбі зі зміною клімату. Саміт Землі заклав фундамент для Кіотського протоколу та Паризької Угоди та уперше порушив питання глобальної відповідальності за зміни клімату та підтримку біорізноманіття, зокрема, було зазначено «не здійснювати будь-яку діяльність на землях корінних народів, що спричинила би погіршення навколишнього середовища або була би культурно недоречною» [199]. З іншого боку, це дало поштовх до пошуку балансу між економічними інтересами та екологічною сталістю, що виявилось складним завданням. Через це багато домовленостей, укладених у Ріо, не були реалізовані на практиці, а низка країн, як Індія та Малайзія, взагалі заблокували усі ініціативи, наголошуючи, що «Конференція ООН формує моральну основу для зеленого імперіалізму» [125].

Окреслена проблематика характеризує складність просування зелених концепцій на міжнародному рівні, особливо, коли питання регулювання торкалися необхідності змін в економічній системі.

Проте, за підтримки країн ЄС, США та Японії, світова спільнота домоглася підписання Кіотського протоколу у 1997 році, він, утім, набув чинності через 8 років, 2005 року. Цей перший міжнародний договір важливий для розуміння проблематики становлення кліматично-нейтральної економіки.

По-перше, на основі наукового консенсусу світова спільнота визнала, що глобальне потепління – наслідок надмірної генерації викидів вуглецю.

По-друге, на міжнародному рівні було зафіксовано зобов'язання країн-учасниць скорочувати викиди парникових газів.

Протокол ґрунтувався на принципі спільної, але диференційованої відповідальності: він визнав, що окремі країни мають різний потенціал у боротьбі зі зміною клімату внаслідок різного рівня економічного розвитку. Однак, зобов'язання щодо скорочення поточних викидів було покладено саме на економіки розвинених країн світу як найвідповідальніших за поточний рівень накопичення парникових газів у атмосфері.

Зазначимо, що потужним результатом Кіотського Протоколу, що безпосередньо вплинув на подальший вектор декарбонізації світової економіки, є розробка трійки гнучких механізмів [226, 149, 183, 244]:

Механізм 1. Спільне виконання (Joint Implementation, JI). Фактично, цей механізм відкрив нову можливість для країн із так званого «списку Б» (Додаток Б до Кіотського Протоколу) реалізовувати спільні інвестиційні проекти у напрямку зеленого переходу, отримуючи при цьому своєрідні «одиниці скорочення викидів» за кожну одиницю еквіваленту CO₂, які потім можна використовувати для досягнення власних цілей зі зниження викидів. Такий механізм сприяє трансферу технологій та заохоченню зелених інвестицій між країнами, забезпечуючи більшу гнучкість у виборі економічно ефективних шляхів досягнення цілей зниження викидів.

Механізм 2. Торгівля викидами (Emissions Trading, ET). Торгівля квотами на викиди дозволила країнам купувати та продавати права на викиди парникових газів. Це створило додатковий фінансовий стимул для національних економік зменшувати викиди більше, ніж вимагається, завдяки можливості продати надлишок своїх «дозволених» викидів іншим державам, які ще не змогли досягти своїх цілей. Механізм було спрямовано на підтримку балансу скорочення викидів на глобальному рівні, надаючи країнам можливість

обирати найменш вартісний спосіб декарбонізації. Проте на практиці такий принцип «скорочуй або плати» фактично легалізував можливість тимчасово ігнорувати декарбонізацію чи затягувати її темпи у багатьох країнах-важковаговиках індустрії, купуючи власний надлишковий вуглецевий слід.

Механізм 3. Чистий розвиток (CDM, Clean Development Mechanism). Цей гнучкий механізм втілює низку рішень задля підтримки проектів декарбонізації у країнах, що розвиваються. Він також передбачає певне заохочення для країни-донора у вигляді сертифікатів зі зменшення викидів (CERs, Certified Emission Reductions), що потім можуть бути використані у системі торгівлі викидами.

Отже, гнучкі механізми Кіотського протоколу сформували комплексний підхід, спрямований на більшу консолідацію міжнародних зусиль зі зменшення викидів та представили бачення своєрідної «парасольки» у підтримці країн, що не можуть досягти декарбонізації економіки власними силами. Водночас, критика Кіотського протоколу проявилась у питаннях його ефективності. Встановлені протоколом цілі зі скорочення емісій вуглецю виявилися недостатньо амбіційними для забезпечення рішучого зменшення впливу на глобальні кліматичні процеси [183].

Варто зазначити, що з моменту ратифікації Кіотського протоколу, міжнародні зусилля у напрямку подолання кліматичного виклику стали інтенсивнішими та консолідованими. Вагомим чинником стало розуміння того, що попередження наслідків зміни клімату – завдання не лише екоактивістів, а, передусім, економічних гравців на всіх рівнях сучасної індустрії.

Зважаючи на це, наступні зібрання конференції у Ріо (Ріо+10 та Ріо+20) були спрямовані на конкретніше цілепокладання, розробку регуляторних рамок та механізмів. У цьому напрямку важливу роль відіграли спроможність держав до кліматичного лідерства, відстеження загального прогресу, залучення широкого кола міжнародних організацій

та громадянського суспільства. Так, світовий саміт у Йоганнесбурзі, відомий також як Ріо+10, відбувся у вересні 2002 року та був присвячений оцінці прогресу у втіленні зобов'язань, взятих учасниками під час Світового саміту з екології та розвитку в Ріо-де-Жанейро 1992 року. Під час саміту були прийняті рішення та ухвалені документи, спрямовані на прискорення втілення зобов'язань країн. Основними обмеженнями в реалізації спільних цілей були визнані політичні розбіжності, різні національні інтереси та нестача фінансових ресурсів [154]. Відтак, країни вирішили започаткувати міжурядовий процес під керівництвом Генеральної Асамблеї для підготовки варіантів стратегії фінансування таких напрямків як енергетика, продовольча безпека, сталість океанів та міст. Зазначимо, що під час наступної конференції Ріо+20 у 2012 році було окреслено питання сталого виробництва, впровадження економічних інструментів для зменшення викидів парникових газів та інші механізми для збалансованого розвитку.

Втім, обидві конференції зазнали критики через недостатню конкретику та амбіційність у прийнятих рішеннях, відсутність кінцевих документів із питань сталого розвитку та недостатню увагу до питань соціальної справедливості і економічної нерівності [52, 264].

Надважливою віхою кліматично орієнтованого розвитку світової економіки стало підписання Паризької Угоди за результатами роботи COP21 2015 року. Саме ця Угода поставила за мету обмеження глобального потепління до 1,5-2°C відповідно до рекомендацій Міжурядової групи експертів зі зміни клімату. Вона набула чинності 4 листопада 2016 року та є історичною завдяки своїй масштабності, міцності зобов'язань і цілей. Наразі лише 3 країни – Іран, Лівія та Ємен не ратифікували Паризьку Угоду, хоча у підсумку 198 сторін переговорів взяли на себе зобов'язання розробити довгострокові стратегії розвитку з низькими викидами парникових газів [197].

З точки зору розвитку міжнародних відносин важливий аспект Паризької Угоди, порівняно з Кіотським протоколом, – її більша мультилатеральність, адже зобов'язання щодо подолання кліматичного виклику лягли не лише на розвинуті економіки, а на всі країни без винятку [194]. Це вагомий крок у досягненні консолідованої згоди у боротьбі зі зміною клімату. Водночас, було зафіксовано низку оновлених зобов'язань розвинутих країн надавати країнам, що розвиваються, фінансову підтримку для реалізації спільних домовленостей. Ключові питання охопили розробку національних стратегій із підвищення енергоефективності, стимулювання використання відновлюваних джерел енергії, впровадження системи торгівлі викидами парникових газів та інші заходи. Зокрема, країни закріпили зобов'язання зменшити викиди парникових газів на певну кількість національно-визначених внесків відносно базового рівня (зазвичай до 1990 року) [110]. Ці обмеження були призначені, передусім, для стимулювання перехідних процесів до низьковуглецевої економіки та зменшення впливу на зміну клімату.

Зазначимо, що 2015 рік відзначився також схваленням Цілей сталого розвитку ООН, що відіграло свою роль в питаннях підтримки кліматичного вектору світової економіки [376, 298]. Зокрема, ціль ЦСР 13 «Боротьба з кліматичними змінами» передбачає прийняття термінових заходів для боротьби зі зміною клімату та її наслідками, включаючи зменшення викидів парникових газів та адаптацію до змін клімату. Дотичний вплив також відображають цілі ЦСР 12 «Відповідальне споживання та виробництво», що передбачає стимулювання сталого виробництва, зменшення відходів та ефективне використання ресурсів для забезпечення сталого розвитку; ЦСР 14 «Збереження водних та морських екосистем»; ЦСР 15 «Екосистеми на землі» та ЦСР 17 «Партнерство для досягнення цілей», що спрямовано на зміцнення глобального партнерства для сталого розвитку, включаючи мобілізацію ресурсів, обмін знаннями та

технологіями та підтримку розвинених країн у виконанні їхніх зобов'язань щодо розвитку.

Безумовно важливим результатом багаторічного руху за кліматичну сталість та зелений розвиток економіки є Зелений курс ЄС 2019 року [95]. Ця Угода, представлена єврокомісією за головування Урсули фон дер Ляєн, продемонструвала потужне кліматичне лідерство Європейського Союзу та його готовність до рішучіших дій та трансформацій. Саме у цьому документі ЄС задекларував доктрину кліматичної нейтральності економіки та встановив амбітну мету у її досягненні до 2050 року. Зелений курс охоплює широкий спектр сфер, включаючи енергетику, транспорт, будівництво, промисловість, сільське господарство, морську та прибережну політику, інновації тощо. Він передбачає значні інвестиції у сталість та зелені технології, а також реформу фінансових інструментів для забезпечення підтримки зеленого розвитку.

У промові на Африканському кліматичному саміті у Найробі Урсула фон дер Ляєн підкреслила: «Якщо сьогодні компанія неспроможна здійснити зміни задля досягнення кліматичної нейтральності безпосередньо у своєму секторі, то вона все одно повинна сприяти їх зниженню, приймаючи участь у інших проектах, де тільки може...» [92].

Відтак, в основу розуміння проблематики досягнення кліматичної нейтральності економіки ЄС закладає єдиний для усіх міжнародних акторів принцип справедливості «зменшуйте або компенсуйте», що відповідно базується на двох напрямках:

1) безумовне прагнення до зменшення викидів як на рівні національних економік, так і на рівні окремих економічних суб'єктів;

2) максимальна компенсація загальних викидів економічними суб'єктами за умов часткової чи повної неспроможності зменшити власний вуглецевий слід.

Аналіз перманентного стану реалізації Зеленої Угоди дозволяє систематизувати низку інструментів, запропонованих ЄС для розвитку кліматично-нейтральної економіки (рис. 1.6).



Рис. 1.6. Інструменти зеленої угоди для розвитку кліматично-нейтральної економіки

Джерело: Систематизовано авторами на основі [367, 48, 115, 293, 351, 286]

Опис сутності та фокусу зазначених інструментів наведено у ДОДАТКУ А. Розглянуті інструменти демонструють комплексний підхід ЄС до переходу на екологічно стійкі моделі економіки через низку сфер впливу. Від законодавчих заходів, що регулюють викиди парникових газів та стимулюють використання відновлювальних джерел енергії, до заходів щодо реновації будівель та розвитку циркулярної економіки. Кожен інструмент Зеленої угоди має чітко визначену ціль та аудиторію, на яку він спрямований, що дозволяє забезпечити злагоджену взаємодію між різними секторами економіки та суспільства. Наприклад, стратегія «від ферми до виделки» та «нульового забруднення» впроваджує сталий підхід у сферах сільського господарства та промисловості відповідно. Стратегія розвитку відновлювальних джерел енергії та альтернативних видів палива, пакет «fit for 55» та розширення лісових площ у Європі спрямовані на поглинання

CO₂ і забезпечення енергетичної безпеки. Впровадження таких ініціатив, як СВМ демонструє прагнення ЄС впливати на глобальні виробничі ланцюги, стимулюючи зменшення вуглецевого сліду не тільки у межах Європейського Союзу, але й для партнерів. Різноманітність інструментів Зеленої угоди формує базис для досягнення амбітних цілей ЄС щодо кліматичної нейтральності до 2050 року, демонструючи, що сталий розвиток може бути ефективно інтегрований у всі сфери суспільного життя та господарювання.

Однак, одним з бар'єрів реалізації Зеленого курсу є необхідність залучення значного додаткового фінансування, технологічна готовність до здійснення реформ та необхідність політичної волі і сприйняття заходів національними урядами й іншими зацікавленими сторонами [115, 293]. Іншим проблемним аспектом є забезпечення соціальної справедливості та виключності усіх суб'єктів, особливо – соціально вразливих громад у процесі переходу до кліматично-нейтральної економіки.

Розглядаючи кліматичне лідерство ЄС, варто також відзначити Нову індустріальну стратегію ЄС 2020, спрямовану на розвиток сучасних технологій, диджиталізацію, зелений перехід, стимулювання інновацій і підтримку малого й середнього бізнесу [96] та Кліматичний закон ЄС 2021 [366], який є потужним нормативним актом, що регулює дії ЄС у сфері переходу до кліматично-нейтральної економіки.

Рішення, прийняті в рамках Кліматичного закону ЄС, охопили такі 3 стовпи [79, 47, 192]:

1. Встановлення цілей зменшення викидів парникових газів до 2030 та 2050 років. На основі комплексної оцінки впливу, ЄС встановив початкову ціль на 2030 рік щодо скорочення чистих викидів парникових газів принаймні на 55% порівняно з рівнями 1990 року. Та вже через рік Єврокомісія прийняла низку пропозицій переглянути всі відповідні політичні інструменти для забезпечення додаткових скорочень викидів до 2030 року.

2. Створення механізмів моніторингу та звітування про виконання цих цілей. Прогрес переглядатиметься кожні п'ять років відповідно до глобального підведення підсумків у рамках Паризької угоди.

3. Впровадження механізмів адаптації до зміни клімату та забезпечення стійкості до її наслідків. Інституції ЄС та держави-члени зобов'язані вжити необхідних заходів на рівні ЄС та національному рівні для досягнення мети, беручи до уваги важливість сприяння справедливості та солідарності між державами-членами.

Обмеження, пов'язані з Кліматичним законом ЄС, можуть включати встановлення обов'язкових цілей зменшення викидів для країн-членів та впровадження санкцій для тих, хто не виконує ці цілі [366]. Зокрема, це стосується впровадження нових нормативних актів та правил для промислових підприємств із метою зменшення негативного впливу на навколишнє середовище [192].

Обидва документи розроблялися та впроваджувалися при залученні усіх країн-членів ЄС, а запропоновані рішення були сформовані з урахуванням перспектив їх масштабування на усі держави світу. Однак, такий підхід працюватиме лише за умови об'єднання зусиль підприємств усередині та між промисловими секторами, державами-членами, регіонами та установами ЄС і країн-партнерів.

Зазначимо, що за останні роки кліматична проблематика знайшла відображення у програмних ініціативах країн – найбільших контрибуторів викидів, зокрема, Американський план порятунку, Акт про зниження інфляції (найбільші федеральні інвестиції у боротьбу зі зміною клімату в історії США), Національна стратегія з адаптації та стійкості США; Національна схема торгівлі викидами Китаю, Національний план дій по боротьбі зі змінами клімату Індії, Стратегія Зеленого зростання Японії та інші.

В контексті аналізу еволюції та результативності міжнародних зусиль у формуванні кліматичного вектору

світової економіки, необхідно відзначити внесок конференцій сторін COP під егідою UNFCCC. Їх вплив за останні роки після підписання Паризької Угоди узагальнено в наступній таблиці.

Таблиця 1.2.

Роль Конференцій сторін COP у міжнародному розвитку кліматичного вектору світової економіки

Конференція COP	Основний фокус	Ключові рішення в контексті кліматично-нейтральної економіки
1	2	3
COP21 (Париж) Грудень 2015	Угода про зменшення глобального потепління до менше ніж 1,5-2°C	Зобов'язання країн до індивідуальних планів зниження викидів.
COP22 (Марракеш) Листопад 2016	Оцінка прогресу у реалізації Паризької угоди	Марракешська дорожня карта для Паризької угоди: акцент на фінансуванні та технологіях.
COP23 (Бонн) Листопад 2017	Вдосконалення реалізації Паризької угоди, адаптація до кліматичних змін.	Діалог Таланоа. Залучення стейкхолдерів до обговорення реалізації цілей Паризької угоди.
COP24 (Катовіце) Грудень 2018	Затвердження правил виконання Паризької угоди.	Пакет Катовіце. Деталізація звітності, моніторингу та оцінки емісій.
COP25 (Мадрид) Грудень 2019	Закріплення фінансових зобов'язань та обговорення статті 6 Паризької угоди.	Мадридська угода. Зосередження на ринкових механізмах та нематеріальних вигодах від зниження викидів.
COP26 (Глазго) Листопад 2021	Підвищення амбіцій країн щодо зниження викидів до 2030 року.	Кліматичний Пакт. Нові зобов'язання зі зниження вуглецю та додаткового фінансування адаптації. Декларація про збереження і відновлення лісів та землекористування.

Продовження табл. 1.2

1	2	3
COP27 (Шарм-ель-Шейх) Листопад 2022	Основна увага приділялася адаптації до кліматичних змін та фінансуванню.	Шарм-ель-Шейхська реалізаційна дорожня карта: акцент на впливі кліматичних змін на вразливі країни.
COP28 (Дубай) Грудень 2023	Ревізія результатів кліматичної нейтральності. Оновлення національних внесків (NDCs), посилення глобальної співпраці у кліматичній дії	Посилений моніторинг динаміки емісій, зміцнення фінансової підтримки кліматичних проєктів
COP29 (Баку) заплановано, 2024	Нові кліматичні політики, СТВ. Екологічна безпека у зв'язку з війною в Україні	Очікується новий раунд зобов'язань для посилення глобальних кліматичних дій

Джерело: сформовано авторами за результатами дослідження драфтів конференцій COP на офіційному порталі <https://unfccc.int/>

Отже, за останні роки глобальна конференція сторін демонструє все більше загострення кліматичного та екологічного наративу у бік посилення конкретних дій урядів, трансформації економіки та пошуку дієвих ринкових механізмів задля стимулювання зниження викидів у світових індустріях. Проте, цей тиск переважно м'який, залишаючи для світових економічних гравців деякий люфт для збереження старих вуглецевоємних моделей виробництва. Ситуацію загострює геополітична напруженість у зв'язку з війною росії проти України, що створює додаткові ризики для екологічної та енергетичної безпеки в усьому світі. Відтак, простежується необхідність оновлення домовленостей між країнами з різними політичними інтересами та позиціями щодо пошуку єдиного консенсусу, подолання складності фінансового забезпечення, а також пошуку механізмів дотримання рішень, ухвалених на подібних глобальних зустрічах.

Вищенаведений екскурс до ключових міжнародних ініціатив дозволяє зробити кілька важливих висновків щодо формування кліматично-нейтральної економіки.

- По-перше, за понад 50 років міжнародна спільнота сформувала кілька потужних майданчиків під егідою міжнародних організацій та ЄС для обговорення проблематики впливу діяльності людини на довкілля та зеленого переходу економіки з метою адресації кліматичних викликів.

- По-друге, за останні роки сформовано розуміння, що ключовим об'єктом трансформації у зниженні викидів є саме світова економічна система. Це потребує розробки відповідних механізмів, пошуку драйверів прискорення, інтенсифікації міжнародних зусиль та залучення широкого кола сторін.

- По-третє, формування бачення кліматично-нейтральної економіки відбувалось у межах ширшого дискурсу сталого розвитку, загальної екологізації та зеленого переходу світового господарства. Хоча необхідність скорочення викидів була задекларована у низці міжнародних ініціатив, починаючи з Кіотського протоколу, проте конкретизація поняття «кліматичної нейтральності» відбулася на міжнародному рівні відносно нещодавно у межах Зеленої Угоди ЄС 2019 року.

Нині концепція кліматичної нейтральності світової економіки потребує конкретнішого позиціонування, належної теоретизації та подальшого розвитку.

1.2 Концептуалізація кліматично-нейтральної економіки у міжнародному науковому дискурсі

Впродовж десятиріч вектор кліматично орієнтованого розвитку світової економіки формувався у межах загальних доктрин екологізації індустрії, зеленого переходу та сталого розвитку. Однак, 2019 року ідея «кліматично-нейтральної економіки» отримала міжнародне визнання та певну семантику

автономію завдяки Зеленій Угоді ЄС. Утім, розвиток цілісної концепції кліматично-нейтральної економіки нині потребує належної теоретизації та розуміння її місця в авангарді сучасних економічних теорій та зелених політик.

Зазначимо, що парадигма екологічно та, зокрема, кліматично орієнтованого розвитку світової економіки не є абсолютно новою за своїм ідеологічним змістом. Передвісниками формування сучасної концепції кліматично-нейтральної економіки можна вважати значущі наукові теорії 90-х років минулого століття, а саме «Економіки природних ресурсів та навколишнього середовища» К. Тернера та Д. Пірса, «Екологічної економіки та сталості» Р. Костанса, «Зеленої економіки» Д. Пірса, А. Маркандії та Е. Барбера та пізніші концепції 2000-х: «Економіки кліматичних змін» Л. Бретшгера та К. Карідаса, «Зеленого зростання» П. Фергюсона, «Наступності зеленої та екологічної економік» Р. Річардсона, «Екологізації глобалізованого капіталізму» К. Маккафі та інші.

Серед перших варто відзначити відому роботу Е. Шумахера 1973 року «Маленьке – це прекрасно: або економіка так, ніби люди мають значення», у ній науковець одним із перших підкреслив важливість інтеграції екологічних аспектів в економічну політику, необхідність сталого розвитку, перехід до зеленої економіки задля боротьби зі змінами клімату та збереження природних ресурсів. В основу такого переходу Шумахер поклав саме переосмислення цінностей та зміну фокусу світової економіки «від безперервного зростання до сталості, від споживання до збереження, від експлуатації до управління природними ресурсами» [288].

Відтак, починаючи з кінця минулого століття, ініціація екологічних орієнтирів розвитку світової економіки фактично відображає прагнення наукової спільноти інтегрувати своєрідну «екологічну мораль» у моделі неокласичної економіки, що традиційно розглядали людину як утилітарно-максимізуючого автомата. Цей перехід домінантних ідей яскраво представлено у наукових доробках Р. Констанси [53], який обґрунтовує

необхідність сталих відносин між людиноцентристською економікою та природними екосистемами на тлі загострення екологічних викликів. Подібні думки знайшли відображення у концепції К. Тернера, Д. Пірсата і Бейтмана [325], які акцентували увагу на необхідності значних змін у способі використання природних ресурсів та управління навколишнім середовищем задля досягнення сталості. Ці науковці поклали в основу парадигми світової економіки необхідність пошуку балансу між економічним розвитком із екологічною стійкістю, що вимагає від акторів міжнародних відносин «переосмислення економічних пріоритетів та інтеграції екологічних витрат у економічні рішення». Також автори одними з перших обґрунтували ідею, що економічна політика повинна відображати справжню вартість екологічної деградації та виснаження ресурсів [там само]. Цей принцип фактично покладено в основу сучасних економічних механізмів кліматичної нейтральності, а саме – компенсації викидів та визначення соціальної вартості вуглецю.

Отже, за десятиліття еволюції економічної наукової думки та загострення екологічних наслідків господарювання, у науковому дискурсі викристалізувалося розуміння плеяди понять, що відповідають сучасній парадигмі сталого розвитку: «зелена економіка», «екологічна економіка», «економіка навко-лишнього середовища», «циркулярна економіка», «біоекономіка», «кліматично-нейтральна економіка» та ін.

Розуміння загального концепту та особливостей позиціонування кліматично-нейтральної економіки потребує деяких роз'яснень.

Усі вищезазначені поняття об'єднані загальною ідеєю інтеграції екологічних принципів у економічне планування та управління, врахування впливу світової економіки на навколишнє середовище та адаптації економічних систем задля забезпечення сталого розвитку.

Однак, розуміння фрагментарних відмінностей між цими термінами важиве для визначення актуального фокусу світової економіки та стратегування діяльності її суб'єктів.

Термін «зелена економіка» вперше виник у доповіді фундаторів екологізації економіки Д. Пірса, А. Марканді та І. Барб'є для уряду Сполученого Королівства ще 1989 року, де науковці представили свій перший «Проект зеленої економіки» [266]. Однак, тільки через 20 років Барб'є вже самостійно окреслив концептуальні засади зеленої економіки за результатами Саміту Землі у Ріо [14]. Фактично, зелена економіка позиціонується як така, що інтегрує екологічні аспекти в економічні політики та спрямована на покращення добробуту людей і соціальну сталість, одночасно зменшуючи екологічні ризики та дефіцит природних ресурсів [там само].

Ідейне розмежування між зеленою економікою та екологічною економікою висвітлено у низці наукових праць. У своїй роботі Р. Річардсон [279] визначає зелену економіку як підхід, що надає пріоритет людському благополуччю над системою споживання, намагаючись інтегрувати економічну діяльність із екологічною стійкістю. Відтак, зелена економіка концептуально спрямована на довгострокове соціально-економічне зростання. Натомість, за думкою Річардсона, екологічна економіка критичніше оцінює традиційне уявлення про необмежене економічне зростання крізь призму вартості деградації навколишнього середовища, пропонуючи системні зміни для максимального збереження екосистем у первісній формі.

Цікавим видається контраст у розумінні зеленої та екологічної економіки, виділений О. Якобсеном та М. Сторслеттен [168]. Науковці підкреслюють, що зелена економіка використовує ринкові інструменти для досягнення екологічних цілей, але не ставить під сумнів основні принципи економічного зростання, конкуренції та стратегічного планування. Натомість, екологічна економіка пропонує глибші зміни, орієнтовані на всебічний розвиток, співпрацю та партнерство.

Альтернативне дослідження Т. Наку Т. та І. Джерсана [243] підкреслює, що екологічна економіка та зелений перехід – взаємодоповнюючі концепції, спрямовані на стале економічне зростання та зменшення негативного впливу

на довкілля. Однак, зелена економіка зосереджується на впровадженні екологічно чистих технологій та зниженні викидів, а екологічна економіка зосереджується на ширших економічних та соціальних аспектах сталого розвитку.

У своєму дослідженні Р. Фергюсон наголошує, що саме зелена економіка має значний потенціал, аби допомогти світові перейти від нинішніх соціально та екологічно нестійких моделей економічного зростання. Вона є основою для переходу до екологічно стійкої світової економіки, якщо відділити поняття «зелене зростання» від «зеленої економіки» та прийняти альтернативні показники прогресу додатково до класичного ВВП [113].

Окремої уваги заслуговує концептуалізація зеленої економіки К. Маккафі [224]. Науковець показав, як «зелена економіка» використовує економічну раціональність та ринкові механізми для пом'якшення екологічно найшкідливіших наслідків глобалізованого капіталізму. Основна ідея полягає в тому, що ці механізми мають сприяти зростанню економіки у розвинутих країнах та тих, що розвиваються, задля подолання шаблону «економічне зростання = екологічний занепад». Він також звертає увагу на досить цікаві альтернативні контррегімоністичні дискурси, такі як «*buen vivir*» (добре життя), що розвиваються переважно у країнах Глобального Півдня, та «*degrowth*» (зменшення зростання), що переважає в країнах Глобальної Півночі [там само]. Зазначимо, що у своїй теорії Маккафі акцентує на тому, що зелена економіка недостатньо враховує проблему світової нерівності та різних темпів економічного зростання країн, через що ця доктрина демонструє низьку ефективність в питаннях управління змінами клімату.

Ретроспективний аналіз наукових праць показав, що «зелена економіка» здебільшого розглядається у контексті забезпечення екологічно орієнтованих цілей сталого розвитку як певна узагальнююча ідеологія.

Ця думка знаходить підтвердження і у низці робіт останніх років. Так, Л. Терзич [317] наголошує, що зелена економіка

втілює принципи сталого розвитку, це сприяє підвищенню якості життя, економічному зростанню, екологічній стійкості та соціальному благополуччю. Викликами при зеленому переході є врахування екологічних ризиків та інтеграції їх у макроекономічне планування та впровадження стійких технологічних інновацій. Водночас, як показує робота Л. Батрансе, М.Попа та ін. [16], модель зеленої економіки, що застосовується до розвинених економік, не може бути так само ефективно імplementована у країнах із низьким рівнем доходу через розрив у розвитку. Сучасна модель зеленої економіки стала настільки всеохопною, що має охопити щонайменше 3 критичні стовпи сталого розвитку: екологічні проблеми, відновлювальна енергія, низькі рівні вуглецю.

За останні роки зелений розвиток світової економіки все більше потребує досягнення конкретних цільових результатів у різних сферах, що стимулює виокремлення підмножини самобутніх концептів, як-то «кліматично-нейтральна економіка» – декарбонізація та забезпечення «чистого нуля» викидів; «циркулярна економіка» – замкнений цикл використання ресурсів, зменшення відходів та повторне використання матеріалів; «біоекономіка» – ефективний вжиток біологічних ресурсів для сталого виробництва і споживання тощо (табл. 1.2).

Зазначимо, що наведений перелік невичерпний у глобальній перспективі розвитку наукової думки. Окреслені новітні наукові напрямки можуть бути розглянуті під ідеологічною парасолькою зеленої економіки, що «охоплює широкий спектр економічних, соціальних та екологічних питань, спрямованих на досягнення сталого розвитку через зменшення негативного впливу на довкілля» [208].

Таблиця 1.2

Новітні концепти у широкому дискурсі зеленого розвитку світової економіки

Назва	Деякі трактування	Ключовий фокус в контексті результатів
1	2	3
Кліматично-нейтральна економіка	це економічна система, що досягає чистих нульових викидів парникових газів через балансування обсягів викидів з обсягами їх видалення. Це передбачає суттєве зменшення викидів через ефективне використання ресурсів, відновлювану енергію та інноваційні технології та компенсацію залишкових викидів за рахунок природних та технологічних методів поглинання вуглецю. Основна мета – стабілізувати клімат та уникнути небезпечних наслідків зміни клімату, забезпечуючи при цьому економічне зростання та соціальну справедливість [62, 387].	Зниження викидів вуглецю для досягнення «чистого нуля», декарбонізація, мінімізація впливу на клімат
Біоекономіка	це економічна система, заснована на використанні біологічних ресурсів замість викопних, що сприяє позитивному впливу на зміну клімату, біорізноманіття та інновації. Ця система включає такі принципи: економія ресурсів, переробка, регенерація та циркулярність, з метою досягнення сталого розвитку та реалізації Цілей сталого розвитку та Циркулярної економіки. Біоекономіка діє, функціонує та здійснює діяльність у ланцюгах та циклах, використовуючи системний підхід [262].	Використання відновлюваних біологічних ресурсів для стійкого розвитку

Продовження табл. 1.2

1	2	3
Циркулярна економіка	це економічна система, спрямована на ліквідацію відходів та постійне використання ресурсів. Циркулярні системи застосовують повторне використання, обмін, ремонт, реконструкцію, відновлення та переробку задля створення замкнутого циклу, мінімізуючи використання ресурсів та утворення відходів, забруднення та викидів вуглецю. Такий регенеративний підхід контрастує з традиційною лінійною економікою, що використовує модель 'візьми, зроби, викинь' [238].	Ефективне використання ресурсів по всіх ланках глобальних ланцюгів та мінімізація відходів
Блакитна економіка	це економічна система, що базується на сталому використанні океанічних та морських ресурсів задля економічного зростання, покращення соціального добробуту та збереження морських екосистем. Вона включає різноманітні види діяльності: рибальство, аквакультура, морський туризм, морське транспортне сполучення, відновлювана енергія з океану та нові технології й інновації, спрямовані на забезпечення сталого розвитку та збереження біорізноманіття. [296]	Стале управління океанами та морськими ресурсами

Джерело: Сформовано авторами на основі джерел [62, 387, 262, 238, 296].

На підтвердження цієї думки варто зазначити два масштабні міжнародні дослідження:

1. Наукова праця колективу авторів Д. Д'Амато, Н. Дросте, В. Аллен та ін. [59]. Проаналізувавши більше двох тисяч

наукових викладок за понад 30 років, науковці пропонують розуміння «зеленої економіки» як всеохоплюючої парасолькової концепції, що здатна інтегрувати практично усі новітні течії, такі як циркулярна економіка та біоекономіка та додаткові наукові ідеї, що можуть з'явитися у майбутньому. Втім, за думкою авторів, усі ці екологічно орієнтовані концепції не можуть бути взаємозамінними, а мають уточнюватися з часом та посилювати одна одну. Автори пояснюють такий підхід тим, що зокрема, циклічна економіка та біоекономіка більше орієнтовані на ресурси, тоді як зелена економіка визнає основоположну роль усіх екологічних процесів. Також, на думку науковців, усі сучасні «зелені» концепції залишаються відносно обмеженими щодо економічного зростання.

2. Подібні висновки віддзеркалено в альтернативному масштабному дослідженні [208]. Автори наводять евристичні міркування щодо «зеленої економіки» як узагальнюючого симбіозу теорій економіки довкілля, екологічної економіки, концепцій чистого виробництва, біоекономіки, промислової екології, циркулярної економіки та усіх рішень, заснованих на цінностях природи і дематеріалізації.

Відтак, зважаючи на емпіричні результати цих досліджень та вищевикладені міркування, кліматично-нейтральна економіка також може бути розглянута у широкому дискурсі зеленої економіки та у певному фарватері взаємопосилення з циркулярною економікою, біоекономікою та новими концептуальними напрямками, що можуть з'явитися у майбутньому. Логіку такого розуміння схематично представлено на рис. 1.7.

Відтак, кліматично-нейтральна економіка цілком розділяє цінності зеленої економіки, але сфокусованіша на результат у своїй проблемній сфері, а саме – скорочення викидів сучасної системи господарювання, декарбонізації економіки, адаптації та мітігації економічних суб'єктів до змін клімату. Проекти та ініціативи, спрямовані нині на досягнення кліматичної нейтральності, за своєю суттю відповідають основним принципам та візії зеленої економіки, таким як

сталість, екологічність та оптимальне використання ресурсів. Однак, ідеологія зеленої економіки все ж охоплює ширший спектр стратегічних питань щодо зниження впливу людської діяльності на природу, збереження природних ресурсів та підтримку біорізноманіття. У свою чергу, окреслені аспекти відповідають ще більш всеохопном дискурсу сталого розвитку економіки.

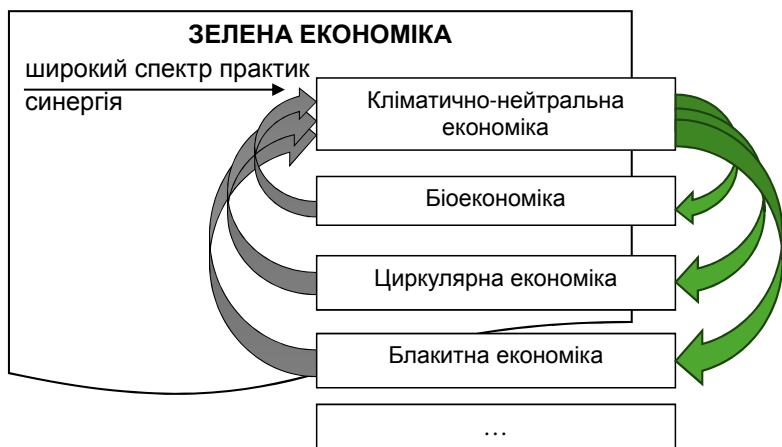


Рис. 1.7. Позиціонування кліматично-нейтральної економіки у широкому дискурсі зеленої економіки

Джерело: сформовано авторами

У науковому дискурсі останніх років зростає крос-секторальність досліджень у таких поєднаннях [27, 273, 123, 142, 303, 314, 309, 302, 239]: «кліматично-нейтральна циркулярна економіка», «кліматично-нейтральна біоекономіка», «циркулярна біоекономіка», «циркулярна блакитна біоекономіка» тощо.

Дослідження цих робіт дозволяє виокремити такі аспекти синергійного взаємопосилення кліматично-нейтральної економіки з рештою сучасних напрямків:

Кліматично-нейтральна економіка та біоекономіка – зниження залежності від викопних палив, стимулювання до

використання біологічних ресурсів для виробництва енергії та продуктів. Це сприяє не тільки зниженню викидів, але й загалом стимулює нові можливості для виробництва біоенергії та біоматеріалів.

Кліматично-нейтральна економіка та циркулярна економіка – інтеграція практик рециклінгу для мінімізації відходів та максимального ре-використання ресурсів на одиницю згенерованих викидів та зниження потреб у виробництві нових матеріалів через продовження обігу вже виготовлених, що сприяє скороченню вуглецевого сліду економіки. З іншого боку, деякі механізми рециклінгу дуже енергоємні, це особливо стосується вторинної переробки скла, пластику, застарілого механічного обладнання та інкінерації. Відтак, важливо враховувати принципи кліматичної нейтральності задля максимального забезпечення низьковуглецевої переробки. Така синергія циркулярності та кліматичної нейтральності навіть знайшла відображення в окремій концепції циркулярного кліматично-нейтрального суспільства [27].

Кліматично-нейтральна економіка та блакитна економіка – користування ресурсами океану та водойм на засадах кліматичної нейтральності сприяє сталості через розвиток морської вітрової енергії та використання морських біоресурсів для біоенергетики. Водночас, розвиток блакитної економіки передбачає її декарбонізацію за рахунок ширшого використання відновлюваних джерел енергії, стійкого рибальства тощо.

Наведений перелік може доповнюватися внаслідок фокусування науки та практики на інших стратегічних аспектах сталого розвитку і зеленого зростання, як то симбіотична економіка, еко-локалізм та інші концепти, спрямовані на економіку навколишнього середовища.

Доречно виокремити декілька варіантів найпоширеніших трактувань кліматично-нейтральної економіки.

Таблиця 1.3

**Визначення кліматично-нейтральної
економіки у науковому та публічному дискурсі**

Автори	Визначення
1	2
Фірой Д. та ін. [118]	Кліматично-нейтральна економіка передбачає економічну систему, що досягає чистих нульових викидів парникових газів через впровадження декарбонізаційних стратегій, використання відновлюваних джерел енергії та покращення ефективності використання енергії.
Пелса І., Баліна С. [267]	Кліматично-нейтральна економіка – це економіка, що досягає нульових чистих викидів парникових газів, спираючись на комплексні зміни у всіх секторах економіки, включаючи підвищення ресурсоефективності, перехід до чистої кругової економіки та запобігання змінам клімату.
Чен Р., Жан Р., Хан Х. [42]	Кліматично-нейтральна економіка – це система, що реалізує баланс викидів та поглинання вуглецю в аграрному виробництві для досягнення чистих нульових викидів.
Міжурядова група експертів з питань зміни клімату [163]	Кліматично-нейтральна економіка передбачає стан, коли діяльність індивідуума, організації чи країни призводить до нульових чистих викидів CO ₂ .
Секретаріат ООН з питань зміни клімату [331]	Кліматична нейтральність означає досягнення нульового рівня викидів парникових газів шляхом балансування цих викидів із кількістю газів, що видаляються через природні процеси поглинання планетою. Це включає зменшення викидів та застосування дій щодо кліматичних змін
Фінбеннер М., Бетч В. [117]	Кліматична нейтральність описує стан, при якому діяльність окремої особи, продукту чи організації (наприклад, компанії, міста, країни) призводить до чистих нульових викидів CO ₂ . Це означає, що вони або не викидають парникових газів, або ті викиди, що залишаються після декарбонізації, видаляються та зберігаються.
Жиглер Р. [387]	Етичне поняття кліматичної нейтральності ставить критичний акцент на скороченні та прозорому вимірюванні, заміщенні та залученні зацікавлених сторін для протидії переважному фокусу на компенсації.

Продовження табл. 1.3

1	2
Мілжаскі В. [230]	Кліматична нейтральність означає баланс між викидами вуглекислого газу від промисловості та діяльності суспільства і його поглинанням зеленими лісами.
Чанг А. Вай-Мінг Т. [45]	Кліматична нейтральність означає стан чистих нульових викидів вуглецю, досягається шляхом балансу між викидами та видаленням вуглецевих сполук із атмосфери
Зелена Угода ЄС [95]	Кліматично-нейтральна економіка – економіка, що до 2050 року досягає чистих нульових викидів вуглецю, спираючись на відновлювані джерела енергії та підвищення енергоефективності. Це включає інвестиції у технологічні рішення, залучення громадян та гарантування дій у ключових сферах, таких як промислова політика, фінанси і дослідження.
Білл Гейтс [127]	Кліматично-нейтральна економіка – це економічна система, що досягає чистих нульових викидів через впровадження інноваційних технологій та зниження вартості зелених альтернатив.
Джо Байден, Президент США [21]	Кліматично-нейтральна економіка – це економіка, що досягає чистих нульових викидів парникових газів, інвестуючи у відновлювані джерела енергії та технології з низьким рівнем викидів.
Антоніу Гутерріш, Генеральний секретар ООН [139]	Кліматично-нейтральна економіка – це економічна система, що не впливає негативно на клімат, забезпечуючи стійкий розвиток та захист навколишнього середовища.
Урсула фон дер Ляєн, Президентка Європейської Комісії [350]	Кліматична нейтральність передбачає досягнення піку викидів до 2025 року та поступову відмову від викопних видів палива. Концепція кліматичної нейтральності може увійти в історію, коли майбутнє енергії буде зеленим, доступним та локальним. Кліматично-нейтральна економіка – це про захист найвразливіших громадян, які страждають від кліматичних екстремумів.

Отже, обговорення проблематики кліматично-нейтральної економіки відбувається на міжнародному рівні у науковому та публічному дискурсах. Публічний дискурс представлено світовими діячами, лідерами думок та представниками

міжнародних організацій, що підсилює стратегування кліматично нейтрального розвитку на рівні світових політик та формування громадської думки.

Зазначимо, що у багатьох наукових дослідженнях кліматично-нейтральна економіка тісно перетинається з поняттям вуглецево-нейтральної економіки, або у якості синонімів, або ж підкреслюючи акцент останньої саме на аспектах енергоефективності та енергозбереження. Так, колектив науковців С. Зоу, Ксайонга та ін. дають визначення, що «вуглецево-нейтральна економіка досягається шляхом заміщення, зменшення викидів, поглинання та циклічного використання вуглецю. Нові енергетичні джерела, такі як сонячна, вітрова, гідроенергетика, ядерна енергія та воднева енергія, стають провідними у досягненні вуглецевої нейтральності» [388]. Раніші публікації на теми низьковуглецевої економіки [379, 73, 246] дозволяють розглядати її як логічного передвісника формування розгорнутішого нині концепту кліматичної нейтральності. Безумовно, вуглецева нейтральність – фундаментальна запорука досягнення нульових викидів, тож напрацювання у сфері вуглецевої та кліматичної нейтральності можуть розглядатися у єдиному фарватері. Проте, використання терміну «кліматично-нейтральна економіка» є доречнішим для подолання кліматичного виклику, акцентуючи увагу не тільки на нейтралізації вуглецю, а й на використанні ширших механізмів адаптації та мітигації соціально-економічної системи до наслідків зміни клімату.

Як у науковому, так і у публічному дискурсі, центральна ідея кліматично-нейтральної економіки – розвиток та підтримка економічної системи, що сприяє планомірному зниженню концентрації парникових газів у атмосфері. Це означає, що обсяги викидів, які виробляються внаслідок економічної діяльності, мають бути збалансовані заходами з їх поглинання або усунення для досягнення так званих «нетто-нульових» викидів («чисті викиди парникових газів»,

«нульові викиди»). На практиці це означає, що кількість парникових газів, що викидаються в атмосферу, повинна бути збалансована з кількістю газів, що вилучаються з атмосфери через природні процеси або технологічні рішення.

Це може бути досягнуто за допомогою поєднання напрямків:

1) Безпосереднє зменшення викидів. Запровадження екологічніших технологій, зменшення використання вичерпного палива, покращення енергоефективності тощо.

2) Поглинання вуглецю. Використання природних «поглиначів» вуглецю, таких як ліси, що поглинають CO₂ через процес фотосинтезу чи використання технологій збереження та затримки вуглецю.

Отже, досягнення «чистого нуля» не означає повне припинення викидів, а більше характеризує досягнення балансу між їх генерацією та нейтралізацією через комбінацію різних стратегій. Це ключовий елемент у боротьбі зі зміною клімату, спрямований на досягнення глобальних кліматичних цілей, що встановлені у Паризькій угоді та Зеленому курсі ЄС.

Нині можна виділити ключові детермінанти моделей розвитку кліматично-нейтральної економіки на глобальному рівні, що були запропоновані різними науковими школами (рис. 1.8).

Вищевказані комбінації чинників розвитку кліматично-нейтральної економіки, зібрані з різних досліджень, демонструють комплексний підхід до досягнення кліматичної нейтральності на глобальному рівні. Розгорнутий аналіз визначених складників у контексті досягнення кліматичної нейтральності представлено у ДОДАТКУ Б. Ключові аспекти включають розвиток зелених технологій та інновацій, оптимізацію енергоспоживання, поліпшення екологічної ефективності виробництва, інвестиції в інфраструктуру та формування ефективних політик і фіскальних механізмів для стимулювання кліматичних ініціатив. У контексті кліматично-нейтральної економіки, зібрані фактори підкреслюють необхідність комплексного переосмислення та адаптації економічних моделей, що включають широке

застосування відновлюваних джерел енергії та інноваційних технологій з метою скорочення викидів парникових газів.



Рис. 1.8. Комбінації чинників розвитку кліматично-нейтральної економіки

Джерело: сформовано авторами на основі аналізу наукових досліджень ДОДАТКУ Б

Відповідно до наведеного переліку, основні напрямки дій такі:

1) Залучення відновлюваних джерел енергії та енергоефективних технологій з метою зменшення залежності від викопних палив та скорочення викидів парникових газів. Зокрема, у ЄС пропозиції щодо розширення виробництва відновлюваної електроенергії та перехід на екологічно чистий транспорт є фундаментальними для зниження вуглецевого сліду [62, 47, 96]. У контексті кліматично-нейтральної економіки, такий перехід допомагає забезпечити тривале зниження викидів та підтримку екологічно стійких методів виробництва та споживання.

2) Стимулювання кліматичного лідерства та інтеграція зелених орієнтирів у сферу міжнародної торгівлі на засадах політичної сталості. У контексті досягнення кліматичної нейтральності цей напрям передбачає збільшення частки низьковуглевих зелених товарів у експорто-імпортних операціях, розвиток мережі транспортування вуглецю, розгортання системи торгівлі викидами тощо.

3) Фіскальна політика та децентралізація, що передбачає введення екологічних податків та надання більшої автономії місцевим урядам для реалізації специфічних для регіону проектів кліматичної адаптації та мітигації. У системі кліматично-нейтральної економіки, це сприяє точнішому та ефективнішому використанню ресурсів, зміцнює відповідальність та прозорість у впровадженні екологічних політик. З іншого боку, подібна прозорість важлива для приваблення довгострокових інвестицій у сталі технології та інфраструктуру. В кліматично-нейтральній економіці, такі заходи фундаментальні для підтримки інновацій та залучення капіталу у низьковуглецеві проекти.

4) Стимулювання зелених інновацій та низьковуглецевих технологій, що розповсюджуються на засадах інклюзивності й справедливого доступу. Це передбачає підтримку досліджень та розвиток новітніх технологій, особливо у сферах енергоефективності, екологічного управління і низьковуглецевих практик, що відіграють критичну роль у покращенні ефективності ресурсів та мінімізації впливу на довкілля. Такі інновації визначальні для розвитку кліматично-нейтральної економіки, оскільки вони сприяють повсюдній декарбонізації задля рішучого зменшення вуглецевого впливу господарської діяльності.

5) Розвиток практик циркулярної економіки на засадах кліматичної нейтральності, зокрема, використання розумних технологій у ланцюгах поставок, оптимізації використання ресурсів та зниження вуглецевого сліду. В контексті кліматично-нейтральної економіки це сприяє зменшенню екологічного навантаження і підвищенню загальної ефективності економічних процесів.

Зазначимо, що наведені напрямки закладають основу у інтеграційного підходу до досягнення кліматичної нейтральності, що включає технологічні, економічні, політичні та соціальні аспекти. Проте, це вимагає координованих зусиль та функціонального залучення ключових суб'єктів економіки (рис. 1.9).



Рис. 1.9. Економічні суб'єкти в системі кліматично-нейтральної економіки

Джерело: сформовано авторами

Вказані суб'єкти міжнародного співтовариства відіграють важливу роль у формуванні канви кліматично-нейтральної економіки та мають трансформувати свої поведінкові моделі відповідно до завдань і напрямків декарбонізації. Відтак, уряди сприяють створенню та імплементації загальної стратегії декарбонізації, виконують регуляторну функцію, реалізуючи політики та законодавчі рамки для зниження викидів парникових газів через різноманітні механізми – вуглецеве оподаткування, торгівля викидами тощо. Водночас, досягнення кліматичної нейтральності потребує підтримки інвестицій у дослідження та розробку нових низьковуглецевих технологій, підтримуючи проекти у сфері енергоефективності.

Функціональна роль міжнародних організацій полягає в координації глобальних зусиль, моніторингу їх виконання, підтримці просвітницьких ініціатив у сфері змін клімату та адвокації інтересів сторін. На практиці це сприяє уніфікації підходів та обміну найкращими практиками між країнами щодо досягнення кліматичної нейтральності.

Вагомий внесок та відповідальність корпорацій у досягненні кліматичної нейтральності передбачає впровадження низьковуглецевих бізнес-моделей, сприяння інтеграції інноваційних технологій зниження викидів, застосування рішень енергоефективності, зокрема відновлювальних джерел енергії. Важлива роль бізнесу полягає не тільки у просуванні ідеї кліматичної нейтральності та пошуку балансу між зниженням, нейтралізацією і компенсацією викидів, але й масштабуванні успішних кейсів та обміні досвідом на міжнародному рівні.

Також індивідуальні споживачі як суб'єкти економіки впливають на досягнення кліматичної нейтральності крізь призму власних переваг, цінностей та вибору. Відтак, готовність до сприйняття зелених націнок та формування запиту на низьковуглецеві товари та сервіси стимулює підприємства до наповнення пропозиції більш сталими продуктами з меншим карбоновим слідом. Важлива передумова втілення концепції кліматичної нейтральності світової економіки – системне бачення.

У свою чергу, це потребує дотримання певних принципів. Їх перелік запропоновано на схемі (рис. 1.10).

Запропоноване поєднання принципів кліматично-нейтральної економіки обумовлене такими міркуваннями.

Досягнення «нульових» викидів – один із ключових результатів кліматичної нейтральності. Це потребує стратегічного бачення процесу декарбонізації та максимальної ефективності використання ресурсів. Власне процес декарбонізації передбачає скорочення викидів CO₂ у всіх секторах економіки шляхом переходу на чисті джерела енергії, впровадження технологій захоплення та зберігання вуглецю, використання екологічніших чистих методів виробництва [86]. Важливий елемент такої

стратегії – впровадження та розвиток низьковуглецевих технологій, зокрема, використання відновлюваних джерел енергії, енергоефективних технологій та інноваційних методів управління викидами. Ефективне використання ресурсів також передбачає залучення практик рециклінгу задля створення замкнених циклів виробництва та споживання, де відходи одного процесу стають ресурсами для іншого [363].



Рис. 1.10. Принципи досягнення кліматичної нейтральної світової економіки

Джерело: сформовано авторами

Зауважимо, що досягнення кліматичної нейтральності світової економіки – вже не питання вибору, а необхідність для усіх міжнародних акторів, адже сукупна динаміка викидів парникових газів формується внаслідок господарської діяльності в усіх куточках світу. Відтак, важливим принципом є соціальна відповідальність, рівність та максимальне включення, що

передбачає врахування соціальних аспектів і забезпечення справедливого розподілу ресурсів та вигод від кліматичних заходів [30].

З іншого боку, скоординованого процесу зниження викидів на мега-, меза та мікрорівнях неможливо досягти без відповідних політичних ініціатив, регулювання та моніторингу їх виконання. Такі ініціативи доволі кроссекторальні, охоплюючи аспекти стимулювання зелених інновацій, впровадження фінансово-економічних інструментів підтримки низьковуглецевих проєктів, розвиток ринків вуглецю, зелений перехід окремих індустрій тощо. Це передбачає тіснішу інтеграцію принципів кліматичної нейтральності у моделі економічного зростання, узгодження екологічних та економічних цілей [315].

Важливий принцип розвитку кліматично-нейтральної економіки – безумовна підтримка інновацій та інтеграція розумних технологій в усі економічні процеси, що прямо чи опосередковано супроводжуються генерацією викидів. Такий підхід стимулює розвиток нових технологій та методів виробництва, що мають менший вплив на навколишнє середовище [118].

Наведені принципи підкреслюють важливість системного підходу до досягнення кліматично-нейтральної економіки, де ключовими є ефективне використання ресурсів, технологічні інновації, соціальна відповідальність та чітка політика.

Варто зазначити, що практична реалізація розглянутих у підрозділі концептуальних елементів кліматично-нейтральної економіки – доволі амбітне завдання. Складність досягнення «нульових» викидів яскраво підтверджується слабкою динамікою скорочення генерації вуглецю на глобальному рівні. У цих умовах досягнення кліматичної нейтральності світової економіки потребує пошуку драйверів прискорення декарбонізації, один з яких, на наш погляд, – цифрова трансформація.

1.3. Диджиталізація як складова забезпечення кліматичної нейтральності світової економіки

За останні десятиліття диджиталізація стала потужним світовим мейнстрімом, захопила практично усі галузі світової економіки та швидко трансформувала інформаційно-комунікаційні процеси суспільного життя. Спираючись на потужне підґрунтя технологічного детермінізму, цифрові технології стають каталізаторами потужних змін, сприяючи переходу до нових моделей ведення бізнесу та підвищуючи загальну продуктивність і конкурентоспроможність економічних суб'єктів в усьому світі.

Посилення цифрових тенденцій обумовлене загальним зростанням лояльності суспільства до «digital» та чисельними «цифровими дивідендами», які отримують економічні гравці.

За думкою аналітиків Світового банку, вираженою в однойменній доповіді, до безумовних переваг диджиталізації світової індустрії передусім належать [369]:

- зростання продуктивності праці та конкурентоздатності підприємств на локальних ринках і на міжнародній арені;
- скорочення поточних виробничих витрат;
- створення принципово нових продуктів та нових робочих місць;
- задоволення ширшого кола потреб споживачів у різних ринкових сегментах.

У сучасному науковому дискурсі цифрова трансформація розглядається як потужна епістемологічна зміна, що впливає на способи розуміння та опису світу [213]. Технології цифрової ери мають значний зворотний вплив на науково-технічні та соціально-економічні структури суспільства, набуваючи самодостатнього значення та автономії [345].

Цікава особливість термінологічного охоплення теми цифрової трансформації – те, що більшість визначень формувалися в реальному секторі економіки, і вже потім концептуально оформлювалися в академічній площині.

Відтак, можемо узагальнити типові трактування, які, втім, залишають певне поле для дискусії навколо відмінностей диджиталізації, диджитизації та цифрової трансформації у цілому (табл. 1.4)

Таблиця 1.4.

**Систематизовані визначення диджиталізації,
диджитизації та цифрової трансформації
в контексті економіки**

Автор	Визначення
Диджитизація	
Декаті С. та ін. [60], Блумберг [24]	Диджитизація – процес оцифровування, перетворення певних даних із аналогового формату в цифровий.
Войцех В. [349]	Диджиталізація – феноменальне явище, що використовує цифрові технології та оцифровану інформацію для трансформації всіх аспектів діяльності сучасного суспільства. Це не лише про потужні технології, але й про ресурси та людей.
Петрузеллі І. [271]	Диджиталізація – інтеграція цифрових технологій для покращення ефективності, збільшення доходів або створення вартості.
Рідл Р. та ін. [280]	Диджиталізація – процес упровадження цифрових технологій, що передусім спричиняє зміни кризь призму ІТ.
Звіт Deloitte [64]	Диджиталізація – міст між «сьогодні» та «завтра». Процес використання цифрових технологій для зміни бізнес-моделей і створення нових можливостей для доходів та цінності.
Диджиталізація	
Врана Дж., Сінгх Р. [353]	Диджиталізація передбачає використання цифрових технологій та оцифрованих даних для впливу на те, як виконується робота, трансформувати взаємодію клієнтів та компаній і створювати нові (в тому числі цифрові) джерела доходу.
Парубець С. [259]	Диджиталізація економіки включає діяльність, пов'язану зі створенням, поширенням та використанням цифрових технологій і пов'язаних з ними продуктів та послуг.

Продовження табл. 1.4

1	2
Звіт PwC [275]	Диджиталізація, так само як цифрова трансформація – використання цифрових технологій для створення нових бізнес-моделей зміни існуючих культур та клієнтського досвіду
Цифрова трансформація	
Врана Дж., Сінгх Р. [353]	Цифрова трансформація – ширше поняття, що охоплює як оцифровку, так і Диджиталізацію. Це стосується глибокої трансформації ділової та організаційної діяльності, процесів, компетенцій і моделей для повного використання змін і можливостей цифрових технологій та їхнього впливу на суспільство стратегічним і пріоритетним способом.
Mare П. та ін. [240] Звіт Deloitte [64]	Цифрова трансформація – комплексний процес переосмислення та переоснащення організаційних процесів, структур та моделей бізнесу на основі цифрових технологій.
Звіт McKinsey [225]	Цифрова трансформація – перетворення, що змінює спосіб функціонування організації, з метою створення цінності через безперервне розгортання технологій у великих масштабах.
Грей Дж., Румп Б. [137]	Цифрова трансформація – важливий тренд, що проникає у різні промислові та суспільні домени, охоплюючи безліч форм інновацій, включаючи оптимізацію, автоматизацію та різні технологічні зміни.
Гонг К., Ріб'єр В. [135]	Цифрова трансформація – стратегічний процес упровадження цифрових технологій з метою створення значних бізнес-покращень

Наведені визначення надають додаткового контексту та глибини розуміння термінів, що використовуються для опису процесів цифрової трансформації.

Спробу запровадити єдине трактування цифрової трансформації було втілено у роботі К. Гонга та В. Ріб'єра на основі аналізу 134 публікаційних визначень. Тож, «цифрова трансформація – це стратегічний процес упровадження цифрових технологій з метою створення значних бізнес-покращень, що ґрунтується на 4-х детермінантах: процес

упровадження цифрових технологій; стратегічний підхід; організаційні зміни; фундаментальні зміни у бізнес-моделях, що сприяють створенню нових джерел доходів та підвищенню конкурентоспроможності організацій» [135].

Такий підхід дозволяє розрізняти цифрову трансформацію від диджитизації (процесу оцифрування аналогових даних) та диджиталізації (процесу впровадження цифрових технологій для покращення результативності та ефективності існуючих процесів). Отже, диджитизація вважається підпроцесом диджиталізації, а процес диджиталізації – фундаментальний технократичний драйвер цифрової трансформації [353].

Варто зазначити, що у багатьох працях терміни диджиталізація та цифрова трансформація продовжують вживатися з однаковим семантичним змістом.

Фокус уваги диджиталізації – власне цифрова технологія у широкому розумінні та механізми й способи її інтеграції задля отримання кращої ефективності процесів. Однак, така «технологія» передусім має служити вищим потребам людської спільноти, тому можливості цифрової трансформації мають також розглядатися у площині вирішення викликів сталого розвитку, зокрема, кліматичних, особливо зважаючи на значні негативні екологічні наслідки індустриальної експансії. У цьому контексті диджиталізація потребує від світової спільноти визначення пріоритетів політичних та інституційних реформ, створення цифрових механізмів, що стає дедалі актуальнішим завданням, особливо для країн, що вже зіткнулися із вагомими наслідками зміни клімату [147].

У широкому розуміння цифрова трансформація розглядається як креативна сила у забезпеченні сталого розвитку планети, забезпечуючи високу іноваційність тріади «екологія – економіка – соціальна сфера» через стимулювання новаторської діяльності, розвиток людського капіталу, підтримку високотехнологічних секторів економіки та підвищення енергоефективності [395].

На синергії між цифровою та зеленою трансформацією наголошують розробники національних стратегій та політик цифрової трансформації індустрії у різних країнах світу.

За останнє десятиліття такими прикладами є:

Національний стратегічний план США з розвитку розумного виробництва [153];

Британський форсайт-проект майбутнього індустрії [237], який нині покладено в основу розробки національної стратегії кліматично-нейтрального суспільства;

План Німеччини з розвитку Індустрії 4.0 [178];

Китайська програма диджиталізації «Зроблено в Китаї 2025» [202];

Цифровий компас ЄС 2030, представлений Європейською Комісією із закликом до реалізації «цифрового десятиліття» в Європі [90] та інші.

У зазначених документах основний фокус зосереджено на вирішенні проблемних питань цифрової трансформації індустрії у контексті впровадження технологій розумного виробництва. Відтак, диджиталізація має працювати на користь людям, зокрема, допомагаючи досягненню кліматичної сталості економіки.

Світове наукове товариство та представники міжнародних організацій все частіше закликають до узгодженого розвитку цифрових можливостей та екологічних ініціатив. До прикладу, у змістовній доповіді представників Німецької консультаційної ради з глобальних змін відзначено, що світова політика диджиталізації має формуватися, аби стати важелем та підтримкою масштабної трансформації світу у напрямку сталого розвитку і вирішення кліматичних проблем [228].

Базуючись на попередніх стратегіях Європейського Союзу, зокрема політиці Європейського Зеленого Курсу, було окреслено стратегічний вектор розвитку економіки ЄС у напрямку досягнення кліматичної нейтральності. Так, презентуючи Нову індустріальну стратегію Європи до 2050 року, її розробники відзначили, що «Європа розпочинає перехід

до кліматичної нейтральності та цифрового лідерства... такий подвійний екологічний та цифровий перехід вплине на кожну частину економіки, суспільства і промисловості» [180]. Реалізація подібних стратегій потребуватиме нових технологій, інновацій та інвестиційних механізмів, адже сприятиме створенню нових продуктів, трансформації існуючих бізнес-моделей і ринків [257].

Важливим завданням є також гармонізація політик та стандартів регулювання процесів переходу до кліматично нейтральної економіки ЄС разом з іншими країнами учасницями енергетичного ринку [396].

Ключовою проблемою наразі є визначення механізму інтеграції екологічно орієнтованих політик та міжнародних практик на рівні національних індустрій і окремих агломерацій, що традиційно вбачають у диджиталізації передусім джерело оптимізації внутрішніх виробничих процесів та зростання доходів компаній. З іншого боку, необхідно систематизувати міжнародний досвід щодо інструментів диджиталізації у контексті вирішення кліматичних проблем сучасної індустрії.

Враховуючи безумовну важливість кліматичних питань та екологічних наслідків індустріальної діяльності людини, проблематика застосування інструментів диджиталізації у контексті кліматичної нейтральності потребує суттєвої систематизації та розвитку.

У сучасному дискурсі можна виділити принаймні два вектори наукового пошуку.

Перший полягає у дослідженні екологічних наслідків індустріальної експансії крізь призму сталого розвитку. Доцільно відзначити наукові праці М. Велдена [341], К. Генша, І. Гелберга [129], С. Канкеля, Д. Тіфельда [193], Б. Косовича [395], А. Ніньєролі [251], Л. Фільхо, П. Янга [116] та інших. У них питання клімату розглядаються серед інших глобальних викликів, а диджиталізація вбачається світовим трендом, який необхідно брати до уваги при врегулюванні питань навколишнього середовища. Зміна клімату згадується

найчастіше серед проблем сталого розвитку людства, зокрема її вирішенню присвячено ЦСР№13 «Вжити невідкладних заходів для боротьби зі зміною клімату». Проте науковці відзначають відсутність дорожніх карт досягнення цієї цілі у розрізі окремих видів господарської діяльності країн світу та відсутність критеріїв оцінки «допустимих меж» кліматичного впливу для світової індустрії.

Другий фокус наукової думки зосереджено на питаннях формування «розумної» та, водночас, «зеленої» світової індустрії. Науковці розглядають диджиталізацію як еволюційну та перспективну стадію трансформації світової індустрії. Водночас, кліматичні наслідки пропонується брати до уваги як окремі критерії при виборі тих чи інших моделей диджиталізації виробництва. Ці питання порушені у працях О. Борисяк, Н. Іванечко [389], О. Гальцової, О. Трохимець [390], Н. Датч-Брауна, Ф. Розетті [76], Х. Кагермана, В. Вахльстера [178], К. Марзі [242], Д. Меснера [228], Н. Ханни [147] та інших.

Аналіз джерел показав відсутність «семантичного містка» щодо розуміння ролі диджиталізації у подоланні кліматичних наслідків та їх попередження через забезпечення кліматичної нейтральності світової індустрії. Варто згадати дослідження колективу німецьких науковців [265], воно показало, що попри загальний наратив щодо необхідності нероздільного розвитку цифрових технологій та кліматичних ініціатив, нині існує поняттєвий та категоріальний розрив у розумінні можливостей диджиталізації та її інструментів у напрямку вирішення задач кліматичної нейтральності.

Диджиталізація світової індустрії передбачає широке впровадження інформаційних технологій та комп'ютерних систем на кшталт автоматизованого проектування, комп'ютерного моделювання, промислового інтернету речей, аналітики великих даних та ін. Зазначені цифрові технології настільки розвинулися за останні роки, що сформували відокремлений ринок цифрової індустрії, який нині демонструє стрімке зростання [258]. Очікується, що у найближчі 8-10 років

капіталізація світового ринку цифрового виробництва зросте щонайменше у п'ятеро з 276,5 млрд. до 1,37 трлн. дол. у 2030 році [242]. Найбільше зростання простежується у секторах індустріального машинобудування, автоматики та електроніки, необхідних для реалізації виробничого циклу в багатьох галузях. З одного боку, таке зростання зумовлене широким впровадженням результатів технологічного прогресу у масове виробництво, а з іншого – потужними можливостями, що відкриває диджиталізація для власників міжнародних компаній. Вони лежать у площині оптимізації виробничих процесів, зростання якості продукції, збільшення продуктивності при одночасному скороченні виробничих витрат, комунікаційної взаємодії зі споживачами по всьому світі.

Закономірно припустити, що саме такі техніко-економічні ефекти від цифрової трансформації викликають найбільшу зацікавленість міжнародних гравців. Однак, в останні роки все відчутніша тенденція до зміщення фокусу міжнародної уваги з матеріальних потреб до соціально значущих цілей. При розповсюдженні концепцій екомислення, створенні кліматичних хабів та еко-лабораторій, впровадженні практик соціально свідомого ведення бізнесу, зокрема реалізації стратегій ООН по досягненню цілей сталого розвитку 2030, зростає увага до ролі технологій у цьому процесі.

Сучасні «нові технології» мають слугувати інструментом вирішення задач екологізації виробництва, запобігання кліматичним проблемам та збереження природного ландшафту планети. В епоху цифрової економіки та вибуху інновацій доречно переглянути політики управління кліматичними змінами у зв'язку з появою великої кількості корисних цифрових рішень.

Ця проблематика особливо актуальна для світової індустрії, як одного з найвагоміших факторів впливу на кліматичне середовище. Особливістю диджиталізації саме індустріальної сфери є те, що основний фокус проєктів цифрофізації спрямовано саме на оптимізацію складних

виробничих процесів компанії, а не на формування клієнтського досвіду, як у сфері електронної комерції. До прикладу, 55% усіх пропозицій вендорів у сфері інтернету речей припадає на сектор промислового виробництва та будівництва розумних міст, 21% – енергетики та 14% – торгівлі і обслуговування відносин з клієнтами, водночас, менше 9% належить до «інших» проєктів, що охоплюють цифрові проєкти боротьби з кліматичними змінами та екологічними наслідками [329]. Водночас, такі цифрові кліматичні проєкти мають локальніший характер та не характеризуються належною масовістю.

Позитивні зрушення у цьому напрямку відбулися на тлі масштабної пандемії COVID-19, що стала своєрідним тригером диджиталізації. Так, переведення діяльності компаній в онлайн простір підштовхнуло до активної диджиталізації, розвитку інформаційно-комунікаційної інфраструктури та вивільнення часу для розробки якісно нових форсайт-проєктів «життя після COVID», до яких належать і проєкти диджиталізації у сфері кліматичних змін.

Як було вказано вище, нині кліматична нейтральність економіки є провідною метою модернізації системи господарювання в Європі. Цю тезу підтверджує доповідь комісара Європейської комісії з питань клімату та енергетики Мігуеля Кан'єте та її тодішнього очільника Жана-Клода Юнкера. Презентуючи першу в світі стратегію кліматично нейтральної економіки до 2050 року для Європейського Союзу, спікери відзначили що «саме забезпечення кліматичної нейтральності є необхідним, можливим та представляє неабиякий інтерес для ЄС, який є ключовим регіоном світу» [87]. Однак, розвиток кліматично-нейтральної економіки передбачає дослідження технологічних, інституційних та фінансових механізмів забезпечення кліматичної нейтральності в усіх ключових секторах економіки, зокрема промисловості, енергетиці, транспорті та сільському господарстві.

Визначення ролі та можливостей диджиталізації у забезпеченні кліматичної нейтральності світової економіки потребує передусім розуміння стратегічних напрямків її досягнення. В основу покладено викладки зі стратегії кліматичної нейтральності економіки ЄС (рис 1.11).



Рис. 1.11. Стратегічні напрямки досягнення кліматичної нейтральності економіки як основа інтеграції цифрових рішень

Джерело: сформовано на основі дослідження [180, 90]

В сучасних умовах цифрові технології значно сприяють реалізації окреслених стратегічних напрямків, а сама диджиталізація стає дієвим інструментом трансформації системи господарювання у напрямку досягнення цілей кліматичної нейтральності.

Позитивний вплив диджиталізації проявляється у такому:

1. Підвищення ефективності виробництва. Диджиталізація прискорює перехід до низьковуглецевих практик виробничого сектору, покращуючи його технологічну інноваційність та забезпечуючи кращий контроль. Масштабне дослідження

виробничих кластерів у різних провінціях Китаю виявило, що диджиталізація має позитивний вплив на зелений перехід промисловості [382]. Модель науковців показала, що коефіцієнт такого впливу складає 0.477, а технологічні інновації є посередником, становлячи 28% від загального ефекту [382]. Водночас, дослідження підтвердили, що розвиток фінтеху та цифрові інновації у зеленому секторі можуть значно покращити індекс трансформації промислової структури, що сприяє зниженню викидів та досягненню цілей кліматичної нейтральності [381].

2. Зменшення промислових викидів у довгостроковій перспективі. Експериментальна робота Лі Ванга показала, що цифрова трансформація сприяє зниженню викидів різноманітних забруднюючих речовин за рахунок підвищення загальної факторної продуктивності та підтримці впровадження зелених інновацій [358]. Зокрема, штучний інтелект та машинне навчання допомагають виявляти процеси максимальної генерації викидів та впроваджувати методи їх зменшення у виробництві. До прикладу, такі цифрові рішення показують високу ефективність у міжнародній логістиці, сприяючи зменшенню витрат палива та викидів [356, 292].

3. Підвищення ефективності енергоспоживання. Сучасні дослідження цифрової трансформації у різних секторах економіки доводять, що диджиталізація сприяє підвищенню ефективності енергоспоживання та зниженню інтенсивності викидів вуглецю як на рівні окремих підприємств, так і на рівні громад та міст [210, 212, 26]. Аналіз досліджень показує, що такий ефект зниження викидів спостерігається завдяки сталому розвитку бізнес-процесів, оптимізації логістичних ланцюгів, кращій мережевості міської інфраструктури та можливості контролю, що забезпечується завдяки впровадженню ефективних цифрових рішень. Водночас, диджиталізація – важливий елемент розвитку систем відновлюваних джерел енергії, зокрема смарт-мережі дозволяють ефективно інтегрувати ці джерела в

енергосистеми, забезпечуючи стабільне та надійне постачання електроенергії [111].

4. Оптимізація використання ресурсів. Нині диджиталізація відіграє потужну роль у моніторингу та аналітиці глобального споживання. Цифрові технології – Інтернет речей та великі дані, дозволяють точніше відслідковувати та аналізувати споживання ресурсів, що сприяє оптимізації використання води, енергії та сировини, зменшуючи втрати та підвищуючи ефективність [43]. Також диджиталізація сприяє розвитку бізнес-моделей, орієнтованих на зелений розвиток та концепт спільного використання ресурсів, що сприяє зниженню відходів та підвищує ефективність використання ресурсів [324].

5. Сприяння консенсусу між економічними та екологічними перевагами. Цифрова трансформація додає додаткових переваг для бізнесу. Праця Вейрана Као та інших обґрунтовує, як диджиталізація на засадах ідей Метавсесвіту може збільшити екологічні переваги підприємства до 19.6% щомісяця, що значно перевищує традиційні стратегії розвитку [35]. Водночас, цифрові технології дозволяють проводити моніторинг стану довкілля у режимі реального часу, що допомагає швидко реагувати на екологічні проблеми та зменшувати негативний вплив на навколишнє середовище [375].

Варто зазначити, що диджиталізація сприяє підвищенню прозорості процесів кліматичного управління та дотримання екологічних стандартів [292]. З іншого боку, цифровий перехід сприяє розвитку нових продуктів та послуг, що підтримують ідеологію кліматичної нейтральності, як-то новітні матеріали з низьким вуглецевим слідом та енергоефективні технології [278].

Важлива роль диджиталізації у досягненні кліматичної нейтральності світової економіки полягає також у підвищенні обізнаності громадськості щодо низьковуглецевих практик, що стимулює їх впровадження. Такий функціонал реалізується завдяки розгортанню цифрових платформ та розвиток ІКТ [35].

Наведені викладки демонструють, що цифрова трансформація – стратегічно важливий імператив досягнення кліматичної нейтральності світової економіки, що пропонує широкий функціонал інноваційних рішень та механізмів.

РОЗДІЛ 2. МЕТРИКИ ОЦІНКИ КЛІМАТИЧНО-НЕЙТРАЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ З ПОЗИЦІЙ ЗЕЛЕНОГО ЗРОСТАННЯ ТА ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ

2.1. Міжнародна диференціація на шляху до кліматичної нейтральності світової економіки

Аналізуючи світовий шлях до кліматичної нейтральності, важливо розуміти міжнародну диференціацію щодо того, як різні країни досягають нульових викидів та інтегрують принципи зеленого зростання. Таке дослідницьке завдання досить комплексне, адже потребує визначення гармонійної системи метрик оцінки кліматично-нейтральної економіки. Оскільки національні особливості та економічні умови суттєво впливають на можливості та методи впровадження сталих практик, виникає необхідність адаптації глобальних цілей до локальних реалій. Це вимагає глибокого розуміння соціально-економічного контексту, структурних особливостей індустрій та врахування екологічних чинників, що можуть значно варіюватися у різних регіонах світу. Нині важливим аспектом є також розробка міжнародних стандартів, що могли би гармонізувати зусилля різних країн та сприяти ефективнішому обміну технологіями і знаннями задля досягнення високих темпів декарбонізації. Такий підхід дозволить створити умови для врахування специфіки та потреб кожної країни, сприяючи глобальній кліматичній сталості.

Вибір метрик для оцінки кліматично-нейтральної економіки має також певні складнощі, оскільки необхідно забезпечити комплексність, актуальність та порівнянність показників, враховуючи як економічні, так і екологічні аспекти сучасної індустрії. Зважаючи на функціональну націленість кліматично-нейтральної економіки на нульові викиди, важливо будувати аналіз навколо обсягів генерації парникових газів, як технологічного результату економічної діяльності стосовно впливу на клімат.

Сучасний інформаційно-аналітичний ресурс наповнено різноманітними показниками зеленого зростання та сталого розвитку, які доречно розглянути у фарватері аналізу кліматично-нейтральної економіки.

Такий аналіз (рис. 2.1.).

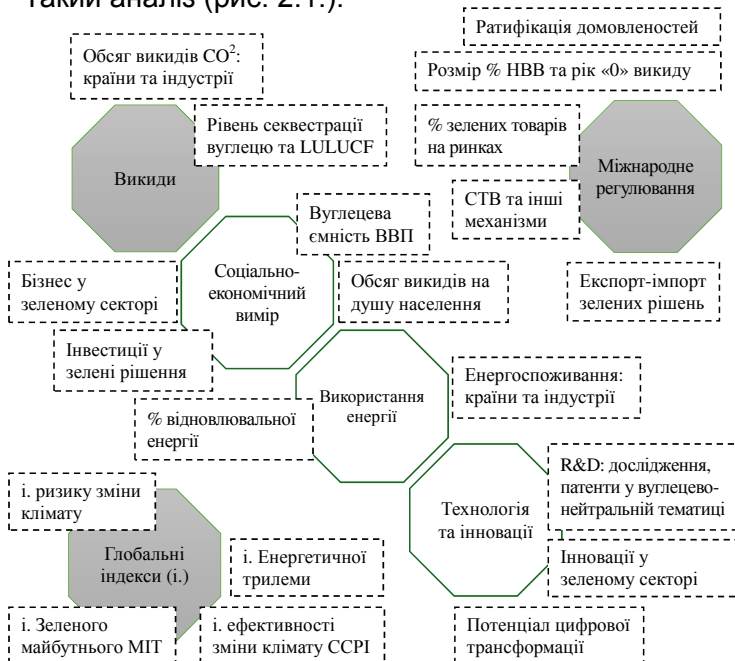


Рис. 2.1. Напрямки вибору індикаторів для аналізу кліматично-нейтральної економіки.

Джерело: розроблено авторами

Центровим індикатором оцінки результативності руху світової економіки до кліматичної нейтральності є обсяг викидів CO₂.

Це пов'язано з низкою причин:

- По-перше, якісна стандартизація та порівнянність викидів CO₂, як глобально прийнятого та кількісно вимірюваного показника, що дозволяє порівнювати його метрики між країнами з різними умовами ведення господарських практик [205]. Це забезпечує достатню об'єктивність та точність оцінок.

- По-друге, динаміка викидів CO₂ є результируючим індикатором впливу економічної діяльності на зміну клімату, сприяючи його глобальній зміні [326]. Моніторинг викидів у різних секторах економіки має вирішальне значення для розуміння того, наскільки ефективно кожна країна просувається до кліматичної нейтральності.

- По-третє, викиди CO₂ можна розглядати як індикатор технологічної адаптації та інновацій, адже обсяг емісії вуглецю є своєрідним наслідком застосування обраних технологій, сталих практик та впровадження інновацій [383]. Відтак, зменшення викидів може свідчити про ефективне використання ресурсів, перехід до більш сталих методів виробництва та впровадження альтернативних джерел енергії.

- По-четверте, обсяг викидів вуглецю є критично важливим елементом міжнародних домовленостей та формування політики «зеленого майбутнього». Викиди CO₂ у різних секторах є ключовим об'єктом моніторингу міжнародних кліматичних угод, що спрямовані на посилення координації між країнами щодо обміну технологіями, спільних ініціатив та дотримання міжнародних зобов'язань.

Зазначимо, що в контексті аналізу кліматично-нейтральної економіки, обсяг викидів світового господарства доцільно розглядати у двох вимірах:

- 1) перманентний переріз – визначення структури викидів та їх обсягу у певній країні/регіоні, як наслідок господарювання та результат реалізації міжнародних домовленостей у певний конкретний період часу;

2) огляд у динаміці – визначення характеру тренду та темпу скорочення викидів певною країною, що характеризує у цілому підхід до декарбонізації та реалізації кліматичних політик.

Такий підхід дозволить порівнювати результати просування до кліматичної нейтральності різних країн та регіонів світу у статиці та динаміці.

За останні десятиріччя економічні системи різних регіонів світу демонстрували різну динаміку генерації викидів вуглецю (рис. 2.2.).

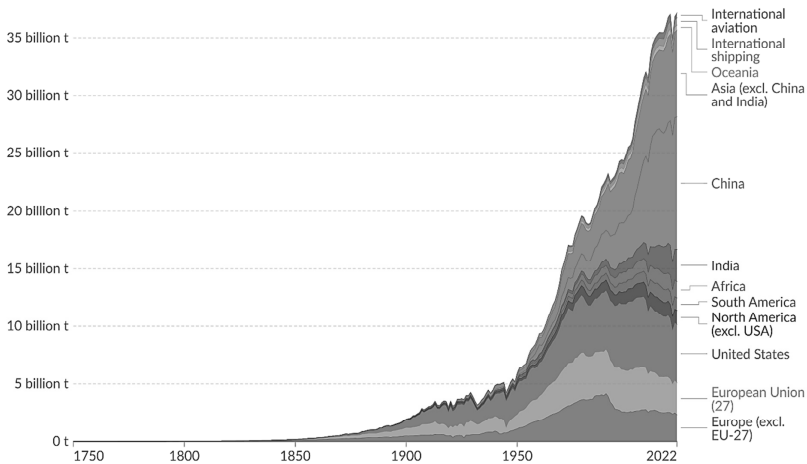


Рис. 2.2. Генерація вуглецю за регіонами світу та країнами з найбільшим рівнем ВВП

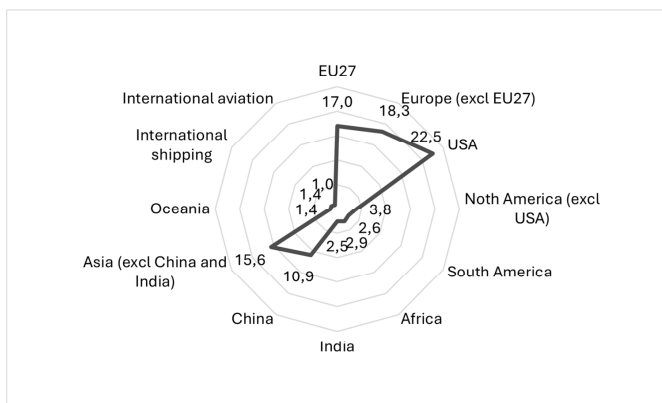
Джерело: відкрита статистична платформа ourworldindata.org

Отже, попри деяке скорочення викидів в ЄС, Північній та Південній Америці й Африці, загальні обсяги CO₂ на глобальному рівні продовжують зростати. Це свідчить про певні маркети дивергентних тенденцій, коли на тлі скорочення викидів в одних регіонах світу, інші держави-важковаговики індустрії не тільки приділяють недостатньо уваги стратегіям кліматичної нейтральності, але навіть нарощують свій вуглецевий слід.

Нині ситуація у світовій економіці складається так, що для забезпечення кліматичної нейтральності стає недостатньо демонструвати деяке скорочення викидів, важливо підтримувати його у максимально інтенсивному темпі у конвергенції з іншими.

Цей висновок обумовлено структурою викидів за окремими регіонами світу та їх динамікою (рис. 2.3).

а) 1990 рік



б) 2022 рік

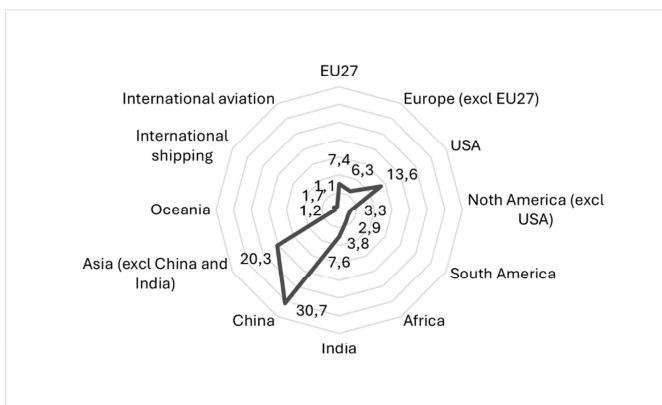


Рис. 2.3. Структура вуглецевого сліду світової економіки за регіонами

Джерело: побудовано авторами на основі Global Carbon Budget [131]

Наведена динаміка структури вуглецевого сліду світової економіки фактично ілюструє прогрес певного регіону/країни у втіленні політик декарбонізації на тлі загального економічного зростання за рівнем ВВП (ДОДАТОК В).

Як бачимо з діаграми, за останні 30 років у світі відбулося майже симетричне відзеркалення структури вуглецевого сліду світової економіки із переміщенням найбільшої частки генерації вуглецю з Європи та Північної Америки до Східної Азії. Якщо у 1990 році лівову частку вуглецевого сліду формували економіки США, ЄС та решти країн Європи (відповідно 22,5%, 17% та 18,3%), то станом на 2022 рік найбільшими емітентами викидів є Китай та решта країн Азії (відповідно 30,7% та 20,3%). Також США та ЄС вдалося практично удвічі знизити свою присутність у вуглецевому сліді світової економіки паралельно з нарощуванням ВВП. Зазначимо, що для Китаю, Індії та країн Азії у цілому характерна зворотна негативна динаміка – зростання ВВП на тлі нарощування генерації вуглецю. На глобальному рівні зростання світового ВВП також супроводжується зростаючою динамікою викидів парникових газів.

Наведені міркування ведуть до важливого питання в контексті розвитку кліматично-нейтральної економіки, а саме – як можна досягти декарбонізації світової економіки та водночас забезпечити подальше економічне зростання в частині валового продукту держав.

Однак, для цього важливо розкласти структуру вуглецевого сліду світової економіки за найбільшими контрибуторами викидів серед країн (рис. 2.4).

Наведена структура – підтвердження вкрай нерівномірного розподілу емісій парникових газів між країнами, що у першу чергу впливає на закріплення відповідальності та стратегування кліматично-нейтрального розвитку на глобальному рівні. Зазначимо, що при формуванні цього розподілу було використано усі наявні дані щодо вуглецевої звітності, а саме 195 країн членів ООН та 15 територій країн з обмеженим визнанням, що звітують про викиди [131]. Відтак, нині 128 країн світу генерують менше

0,1% викидів кожна, формуючи разом всього 3,7% загальної емісії парникових газів. Водночас, господарські системи 63 країн світу (зокрема усі країни ЄС) також створюють відносно незначний вуглецевий слід (0,1-1%), однак усі разом складають 23,2% світових викидів. Примітно, що решта 73% світових викидів формується внаслідок діяльності 17 країн світу, з яких Китай формує найбільше – практично 30% усіх викидів, Індія – 7,3%, росія – 4,8%, Бразилія, Індонезія та Японія – у середньому по 2,3% світової емісії, ще 10 країн генерують від 1 до 2% викидів.

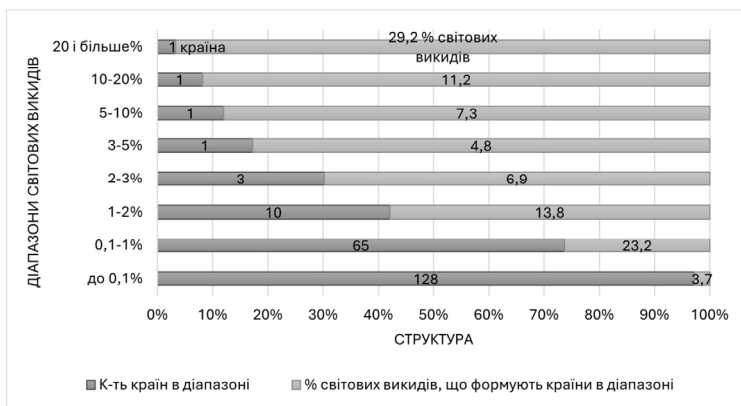


Рис. 2.4. Структура вуглецевого сліду світової економіки за часткою країн-контрибуторів

Джерело: побудовано авторами на основі Global Carbon Budget [131]

Отже, рівномірність кліматично-нейтрального розвитку світової економіки значно залежить від ефективності, результативності та політичної волі щодо реалізації програм декарбонізації у зазначених країнах, що є найбільшими контрибуторами викидів. З іншого боку, особливої уваги також потребують визначені держави, що на перший погляд генерують незначні викиди (до 1-2%). Зважаючи на те, що разом вони формують практично чверть вуглецевого сліду світової економіки, важливо забезпечити їх мультилатеральне залучення до виконання цілей Паризької угоди щодо кліматичної нейтральності світової економіки.

Перманентний переріз амбіцій різних країн світу стосовно розвитку кліматично-нейтральної економіки відображається у задекларованих на державному рівні національно-визначених внесках та анонсованих роках досягнення «чистого нуля» викидів (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

**Анонсовані деякими країнами
світу роки досягнення «чистих» викидів**

Держава	НВВ 2030 (% скорочення до 1990 р.)	Рік «0» викиду	Висновок Climate Action Tracker []
Фінляндія	39%	2035	«Достатня»
Данія	70%	2050	«Достатня»
Велика Британія	68%	2050	«Майже достатня»
ЄС (загалом)	55%	2050	«Проміжна»
Франція	55%	2050	«Проміжна»
Італія	55%	2050	«Проміжна»
Іспанія	23%	2050	«Проміжна»
Японія	46%	2050	«Проміжна»
Німеччина	65%	2045	«Проміжна»
США	50-52%	2050	«Недостатня»
Україна	65%	2060	«Недостатня»
Канада	40-45%	2050	«Недостатня»
Південна Корея	40%	2050	«Недостатня»
Бразилія	43%	2050	«Недостатня»
Південна Африка	28%	2050	«Недостатня»
Китай	не встановлено, очікується пік	2060	«Критично недостатня»
Індія	45%	2070	«Критично недостатня»
росія	30%	2060	«Критично недостатня»
Австралія	26-28%	2050	«Критично недостатня»

Джерело: сформовано авторами на основі дослідження платформи climateactiontracker.org

Проте реалістична оцінка досяжності встановлених показників на практиці не така позитивна. Аналітики та науковці цифрової ініціативи «Climate Action Tracker» комплексно аналізують політики держав щодо забезпечення цілей Паризької Угоди як: «достатня» – політика скорочення викидів країни достатня для забезпечення «чистих» викидів у встановлені роки, виконання зобов'язань по НВВ та цілей 1.5°C Паризької Угоди; «майже достатня» – темпи декарбонізації задовільні для досягнення «нульових» викидів у встановлені часові проміжки, проте існують ризики; «проміжна» – країна перебуває на шляху значного скорочення викидів, але ще не відповідає цілям 1.5°C Паризької Угоди; «недостатня» – країна демонструє певну позитивну динаміку, але скорочення викидів є недостатнім; «критично недостатня» – темп скорочення викидів відсутній або є вкрай незадовільним, що потребує швидшої реакції та дій.

Відтак, найбільші економіки світу такі як США, Китай, Японія, Німеччина та ЄС оголосили про плани досягнення нульового рівня викидів до 2050 або 2060 років. Їх зусилля оцінюються по-різному, від «проміжних» до «критично недостатніх», це свідчить про те, що незважаючи на амбітні цілі, більшість країн ще не має достатньо ефективної політики для досягнення кліматичної нейтральності економіки відповідно до цілей Паризької угоди.

Зважаючи на наведені поточні оцінки, кліматична нейтральність світової економіки потребує значного пошуку потужних драйверів прискорення. В країнах – найбільших контрибуторах викидів (Китай, Індія, росія) діюча політика щодо зниження викидів критично недостатня. Зазначимо, що з усіх держав нині тільки Данія та Фінляндія отримали найвищу оцінку своїх політик декарбонізації.

Окремої уваги заслуговує кейс Китаю. Генеруючи третину вуглецевого сліду світової економіки, Китай не регламентував свій НВВ щодо скорочення викидів на міжнародному рівні, відкрито заявивши про неможливість їх сповільнення через

ризика падіння економіки. Однак, він узяв зобов'язання досягти максимуму генерації вуглецю до 2030 та «докласти всіх зусиль, щоб досягти піку раніше» [336]. Після цього Китай планує почати жорсткіші кроки по декарбонізації економіки до 2060 року.

Поточний план декарбонізації охоплює [336, 198]:

- скорочення інтенсивності викидів CO_2 на одиницю ВВП більше ніж на 65% від рівня 2005 року;
- збільшення частки невикопних джерел енергії до близько 25% до 2035 року;
- збільшення обсягу лісових запасів на 6 мільярдів кубічних метрів від рівня 2005 року до 2035 року;
- встановлення потужностей вітрових та сонячних електростанцій понад 1,200 ГВт до 2030 року.

Враховуючи наведені міркування, перспективи розвитку кліматично-нейтральної економіки країни слід оцінювати не тільки з позицій обсягу генерації вуглецю, а й з урахуванням сталості темпів його сповільнення та вуглецевої ємності ВВП.

Обсяги парникових газів, що формуються економіками окремих країн світу значно варіюють, як і вуглецева ємність ВВП (рис. 2.5).

Отже, потужні забруднювачі планети у контексті зміни клімату через викиди CO_2 – Китай (його економіка дає до 30,7% світових викидів парникових газів), США (13,6%) країни ЄС (разом продукують 8,5% викидів).

Проведене дослідження дало важливий висновок: обсяг валового внутрішнього продукту, що виробляє країна, не обов'язково корелює з обсягом викидів CO_2 . Досі існувала думка, що саме індустріальна діяльність, спрямована на виробництво валового продукту у секторах енергетики, промисловості, сільського господарства та туризму – провідний негативний чинник впливу на кліматичні зміни [251, 189]. Однак, як показано графічно на рис.2.2, наразі існують очевидні розриви між загальним рівнем викидів та їх обсягом відносно до ВВП країни. Це досить важливий

аспект при визначенні економічної парадигми кліматичної нейтральності.

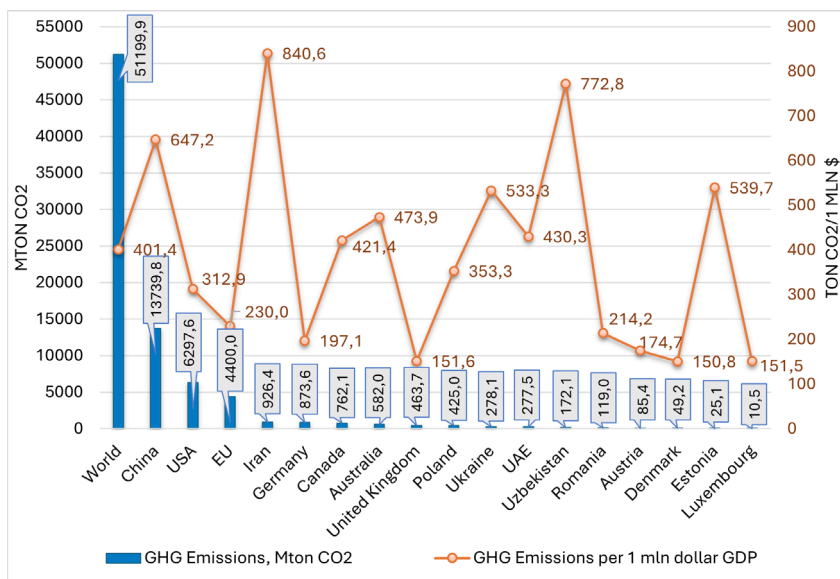


Рис. 2.5. Викиди парникових газів відносно до ВВП деяких країн світу

Джерело: побудовано на основі відкритих статичних реєстрів statista.com, worldbank.org

По-перше, закономірно припустити, що чим менший рівень викидів CO₂ припадає на формування ВВП країни, тим кліматично-нейтральніша її економіка. Зважаючи на те, що Стратегія кліматичної нейтральності ЄС до 2050 року почала реалізовуватися після 2019 року, то середній рівень викидів CO₂ в ЄС станом на ці роки (230 тон CO₂ на 1 млн ВВП) можна прийняти за «критичний рівень» чи своєрідну «red line» кліматичної нейтральності економіки ЄС та орієнтир для інших країн світу. Відповідно, країни, які перетнули цю межу у першу чергу повинні звернути увагу на необхідність активного впровадження програм екологізації економіки.

По-друге, тенденція до «кліматично агресивної» економіки спостерігається в багатьох країнах – лідерах світового виробництва та країнах, багатих на паливно-енергетичні ресурси. Наприклад Сполучені Штати, як безумовний світовий лідер за обсягом валового внутрішнього продукту, показують завищений за мірками ЄС рівень викидів парникових газів – 312,9 тон CO₂ на кожен млн доларів ВВП. У Китаї ще критичніша ситуація. Економіка Китаю, що часто порівнюється з «великою фабрикою», – друга за обсягом світового ВВП після США та ще кліматично агресивніша – створення кожного 1 млн доларів ВВП супроводжується викидами понад 630 тон CO₂, що майже втричі перевищує середній рівень країн ЄС. Така ж негативна ситуація спостерігається і в деяких країнах-членах ЄС та у Ірані, Австралії, Канаді, Узбекистані, ОАЕ, Україні (рис. 2). Важливо акцентувати увагу на Естонії. Попри те, що рівень викидів в країні один із найменших у ЄС, кожен млн дол ВВП Естонії супроводжується 550 тон викидів парникових газів, що майже удвічі перевищує «червону лінію» по ЄС та свідчить про кліматично виснажливу господарську діяльність держави, хоча країна не спеціалізується на важких індустріях.

Протилежні тенденції спостерігаються у Німеччини та Великобританії. Їх можна вважати показовими з точки зору формування кліматично нейтрального виробництва. Економіки Німеччини та Британії технологічно потужні, займаючи відповідно четверту та п'яту сходинки світового рейтингу за рівнем ВВП. Проте, вони продукують значно меншу кількість викидів парникових газів порівняно з іншими країнами світу та знаходяться нижче «червоної лінії» по країнах ЄС (відповідно 197 тон та 150 тон CO₂ на 1 млн дол ВВП). Це наводить на думку про можливість покращення кліматичної ситуації та досягнення нейтральності навіть у тих країнах, що спеціалізуються на важких індустріях та видобутку енергетичних ресурсів.

По-третє, обсяг вуглецевих викидів у кожній окремій країні обумовлюється напрямками розвитку національної економіки, її спеціалізацією. На підтвердження цієї тези доцільно навести таку статистику. Найбільшими джерелами формування парникового ефекту в країні через викиди CO₂ можуть бути: транспорт, виробництво електроенергії, індустриальне виробництво, викиди внаслідок споживання паливно-енергетичних ресурсів, викиди від споживання ресурсів домогосподарствами. Зазвичай у кожній країні переважає один із цих факторів, але може діяти і сукупність, формуючи індивідуальну карту чинників накопичення CO₂ [220]. Так, у Китаї до 70% усіх викидів вуглецю обумовлені інтенсивним споживанням твердих паливно-енергетичних ресурсів індустріями. Це ж актуальне і для України (52%). У Люксембурзі до 68% CO₂ обумовлені діяльністю саме транспортної системи країни. Така ж ситуація характерна і для країн Південної Америки. При цьому до 80% викидів CO₂ Естонії спричинені внаслідок виробництва електроенергії. На противагу попереднім виробничим причинам, в Узбекистані, Вірменії та Швейцарії до 33% викидів CO₂ формується внаслідок діяльності домогосподарств (приватні та комерційні житлові споруди, громадські послуги).

Враховуючи наведені спостереження, висновковуємо, що стан «кліматичної нейтральності» чи, навпаки, «кліматичної деструктивності» економіки обумовлені не стільки кількісними показниками виробництва, скільки якісними, та прагненням до таких змін. Тобто, у сучасних умовах досягнення кліматичної нейтральності можливе не скільки шляхом скорочення обсягів вуглецевоємного виробництва в країні, скільки його поступовою трансформацією. Важливу роль відіграє технологічна складова процесу, а гармонізація зеленого та цифрового переходів світової економіки є особливо перспективною.

2.2. Глобальні індекси в оцінці кліматично-нейтральної економіки

Зважаючи на невідкладність та безумовну амбітність досягнення кліматичної нейтральності світової економіки у найближчі десятиріччя, виникає потреба комплексної оцінки країн у просуванні до цієї мети з огляду на екологічні та технологічні імперативи.

У цьому контексті глобальні індекси дозволяють побачити розгорнуту картину певної світової проблеми, зокрема:

- проаналізувати рейтинг країн та визначити критично важливі розриви;
- порівняти країни у межах окремих вибірок, сформованих за різними контекстуальними ознаками;
- відслідковувати динаміку зміни позицій під впливом реалізації певних стратегій, ратифікації міжнародних угод, кризових явищ та інших факторів.

Однак, проблемним моментом у використанні індексів у напрямку оцінки кліматично-нейтральної економіки є те, що жоден індекс не може самостійно забезпечити всебічну репрезентацію такої комплексної теми та охопити усі можливі фактори впливу. Інша складність – необхідність повсюдного збору та якісної стандартизації даних по різних країнах, адже будь-який аналіз на глобальному рівні потребує максимального врахування усіх показників, а деякі країни досі не оприлюднюють окремі тематичні напрямки національної статистики чи взагалі не фіксують спостережень у сфері зеленої економіки. Також індивідуальні особливості економічного розвитку країн та політичний контекст, можуть призводити до викривлення результатів оцінки за глобальними індексами, що, на перший погляд, видаються досить універсальними. Втім, у контексті дослідження кліматично-нейтральної економіки глобальні індекси надають цікаві аргументи для наукової дискусії, адже втілюють досить нетривіальні ракурси оцінки зібраних фактичних даних.

Зважаючи на зазначені міркування, було обрано сукупність різних глобальних індексів для оцінки тематики зеленого та цифрового розвитку країн світу з метою подальшого формування висновків щодо проблематики досягнення кліматичної нейтральності світової економіки (рис. 2.6).



Рис. 2.6. Добірка глобальних індексів для оцінки кліматично-нейтральної економіки з позицій зеленого розвитку та диджиталізації

Джерело: сформовано авторами

Наведена добірка ілюструє певний баланс оцінки кліматичної нейтральності світової економіки з точки зору екологічних «зелених» індексів та цифрового розвитку. Зазначимо, що обрані зелені індекси комплексні за своїм змістом та охоплюють наскрізні еколого-економічні, інноваційно-технологічні, інфраструктурні та політичні критерії.

Розглянемо результати аналізу обраних індексів із точки зору їх репрезентативності у висвітленні проблематики кліматичної нейтральності світової економіки.

Індекс зеленого майбутнього (The green future index) – це дослідницька ініціатива MIT Technology Review Insights, яку спонсорують відомі світові корпорації Kyndryl, Intel та Iris Ceramica Group.

Дослідження проводиться з 2021 року щорічно на основі методів глибокої аналітики даних та інтерв'ю зі світовими експертами зі зміни клімату, зеленої енергії та технологій, що сприяють декарбонізації. Нині цей індекс вимірює, як 76 країн світу рухаються до зеленого майбутнього шляхом скорочення викидів вуглекислого газу, розвитку чистої енергії, впровадження інновацій у зелених секторах та збереження навколишнього середовища, а також ступінь впровадження ефективної кліматичної політики урядами цих країн.

Методологія розрахунку цього індексу охоплює 5 вимірів зеленого розвитку:

- динаміка викидів вуглецю,
- енергетичний перехід,
- зелене суспільство,
- чисті інновації,
- кліматична політика.

Нині спостерігаються помітні контрасти у диференціації країн світу за індексом зеленого майбутнього (рис. 2.7).

За результатами оцінки індексу виокремлюється 4 кластери країн, кожен з яких, у свою чергу, поділяється на 2 підгрупи за медіаною значення індексу у кластері (деталізація позицій країн представлена у ДОДАТКУ Г):

1) зелені лідери – 20 країн світу з найбільшим прогресом та політичною волею до розвитку кліматично-нейтральної економіки;

2) країни із середнім рівнем зеленого розвитку – 20 країн із середнім рівнем реалізації зелених ініціатив та низьковуглецевих практик;

3) країни, що відстають у боротьбі зі зміною клімату – так звані «кліматичні лаггери» – 20 країн із вкрай повільним чи незначним прогресом у напрямку розбудови зеленого

майбутнього, що може обумовлюватися низьким рівнем реалізації кліматичних політик;

4) країни, що утримуються від реалізації світових домовленостей та політик переважно з двох ключових причин: власної неспроможності до втілення практик зеленого переходу чи відсутністю усвідомленості щодо важливості проблеми та низької політичної волі. Остання причина дозволяє віднести країни цієї групи до своєрідних «кліматичних ухилянтів». Це 16 країн, що залишаються поза зеленими тенденціями через низку факторів, зокрема, через відсутність прогресу у напрямку зеленого зростання економіки, низький розвиток інновацій та чистих технологій, слабкі кліматичні політики. Це стосується країн, що мають низькі показники у досягненні цілей зі скорочення викидів парникових газів, або не дотримуються міжнародних угод про захист клімату.

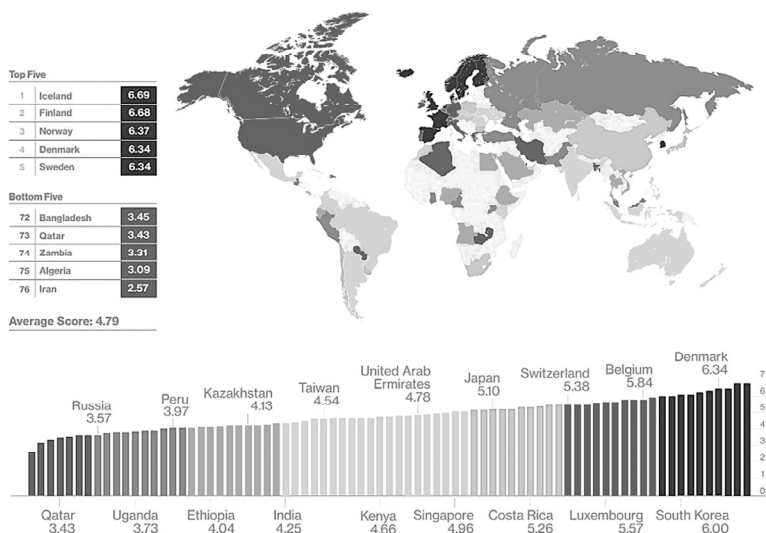


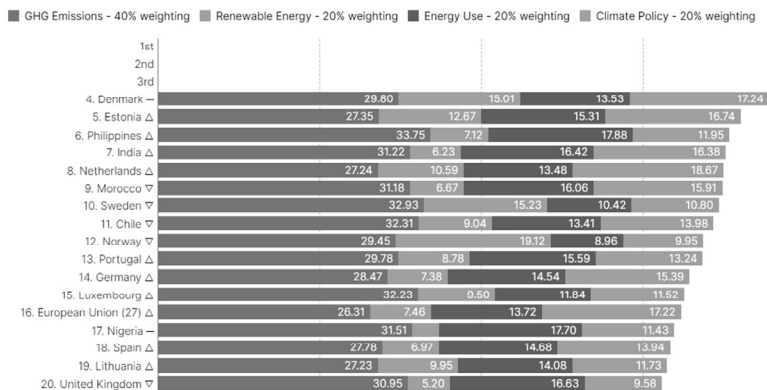
Рис. 2.7. Індекс Зеленого Майбутнього MIT, 2023

Джерело: MIT Technology Review Insights [232]

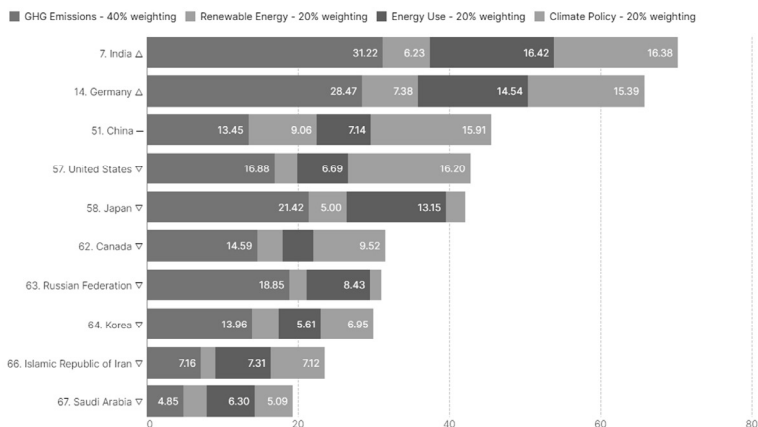
Досить очікувано, що кластер зелених лідерів представляють країни Європейського Союзу. У 2023 році до них долучилися Канада та Південна Корея. Зазначимо, що до 3 та 4 кластеру, які є найкритичнішими з огляду на забезпечення кліматично-нейтральної економіки, потрапили першочергові контрибутори викидів, а саме – Китай та Індія (3 кластер), росія (4 кластер). Така позиція країн – досить негативний маркер, що, безумовно, сповільнює глобальний рух до «чистого нуля» викидів. Варто підкреслити перспективну оцінку кліматичних політик та зусиль Китаю, що потрапив до 2 кластеру економік попри свою першість за обсягами генерації парникових газів.

Альтернативну, але сфокусованішу оцінку, пропонує **Індекс ефективності пом'якшення зміни клімату (CCPI)**, його спрямовано на посилення прозорості у національній та міжнародній кліматичній політиці. CCPI використовує стандартизовану структуру для порівняння кліматичних показників 63 країн світу та ЄС, на які разом припадає понад 90% глобальних викидів парникових газів.

Ефективність пом'якшення наслідків зміни клімату оцінюється за чотирма категоріями: викиди парникових газів, відновлювана енергетика, загальне використання енергії, кліматична політика (рис 2.8).



а) ТОП-20 рейтингу



б) Позиції економік країн з найбільшим обсягом генерації вуглецю

Рис. 2.8. Індекс ефективності пом'якшення зміни клімату, 2023

Джерело: платформа CCPI [39]

Зазначимо, що пом'якшення зміни клімату (так звана «мітигація») передбачає трансформацію системи господарювання у напрямку скорочення викидів. Натомість, адаптація передбачає просування практик часткового чи повного «підлаштування» до наслідків прояву зміни клімату у різних галузях. Розглянуті індекси зеленого майбутнього MIT та кліматичних змін CCPI у своїх оцінках містять аспекти скорочення викидів, кліматичних політик та декарбонізації, що дозволяє їх використовувати при оцінці кліматичної нейтральності світової економіки. Однак, індекс зеленого майбутнього охоплює ширший дискурс кліматичної нейтральності зеленого зростання (адаптація та мітигація), а Індекс ефективності пом'якшення зміни клімату сфокусовано на результативності кліматичних політик саме у сфері мітигації наслідків зміни клімату. Це пояснює той факт, що країни, які нині демонструють певний прогрес у практиках адаптації до наявних наслідків зміни клімату (США, Канада, Китай), отримали значно нижчі оцінки в рейтингу ефективності їх пом'якшення.

Водночас, інший **глобальний індекс кліматичних ризиків (Global Climate Risk Index)** закладає в основу своєї методології міру, наскільки країни постраждали від екстремальних погодних явищ [81]. Це можуть бути метеорологічні явища (тропічні шторми чи торнадо), гідрологічні явища (штормові хвилі чи раптові повені), кліматичні явища (лісові пожежі чи посухи). Цей індекс від німецької агенції Germanwatch охоплює 57 країн світу з високим рівнем індустріального розвитку та спирається на детальний аналіз, заснований на одному з найнадійніших доступних наборів даних про вплив екстремальних погодних явищ та пов'язаних соціально-економічних даних. Мета індексу – підтримка світових дебатів щодо кліматичної політики, з огляду на реальні економічні наслідки зміни клімату за останні 20 років. Зазначимо, що масштабна оцінка глобального індексу кліматичних ризиків була проведена у 2020 році, після чого тимчасово призупинилась через відсутність достатніх релевантних даних.

Індекс кліматичного ризику цікавий з огляду дослідження глобальної відповідальності та екстерналій у світовій економічній системі. При розрахунку враховуються економічні втрати країни від прояву наслідків зміни клімату у млн доларів, частка втрат на одиницю ВВП, загальні фізичні втрати інфраструктури, територій тощо та фатальні випадки смертності на 100 тисяч мешканців країни, обумовлені екстремальними погодними явищами.

Карту розподілу індексу представлено у ДОДАТКУ Д. Вона відображає досить чітку поляризацію впливу наслідків зміни клімату у світі за останні 20 років. Країни з низьким рівнем економічного розвитку, що є найменшими котребуторами викидів (формують менше 1-2% у загальному вуглецевому сліді світової економіки) мають найвищі кліматичні ризики та соціальні втрати від прояву екстремальних погодних подій. Водночас, економічно розвинені країни демонструють найнижчі соціальні втрати від зміни клімату, але мають найвищі економічні збитки [81].

Однак, цей індекс не можна сприймати як комплексну оцінку вразливості економіки країни до зміни клімату чи як безпосередній індикатор кліматичної нейтральності. Він цікавий як додатковий компонент загальної системи метрик оцінки кліматично-нейтральної економіки, що дозволяє проаналізувати міру впливу наслідків зміни клімату у різних регіонах світу.

Один з базисних напрямків забезпечення кліматичної нейтральності світової економіки – трансформація світової енергетичної галузі у напрямку низьковуглецевих практик, енергетичної незалежності та відновлювальної енергетики. Нині енергетика формує до 38% вуглецевого сліду світової економіки, не враховуючи ще додатково 18% світових викидів парникових, що утворюються при спаленні енергії важкими індустріями [131].

Зважаючи на це, **індекс Енергетичної трилеми** цікавий для глибшого розуміння проблематики досягнення «чистого нуля» у контексті зеленого переходу енергетичного сектору.

Відповідно до своєї назви, індекс енергетичної трилеми передбачає 3 вектори оцінки [299, 222, 371]:

1. Енергетична безпека. Цей компонент оцінює здатність країни забезпечувати стале постачання енергії. Кліматична нейтральність часто залежить від інтеграції відновлюваних джерел енергії, що може впливати на надійність енергосистем.

2. Рівний доступ до енергії. Передбачає оцінку рівня універсального доступу до надійної, доступної та навіть надлишкової енергії, що залишається вкрай нерівномірним у світі. Як зазначається у звіті ООН, посилення темпів електрифікації має особливе значення в країнах, що розвиваються, адже за нинішніх темпів прогресу приблизно 620 мільйонів людей все ще будуть відчувати суттєву нестачу електроенергії у 2030 році [338]. Зазначимо, що у цьому напрямку проявляється вплив технологічних інновацій та диджиталізації, що сприятиме розвитку нових енергетичних ринків. Водночас, енергетичні рішення мають бути адаптовані до природних ресурсів та потреб

місцевого населення, що потребує певної децентралізації та інтеграції рішень щодо гібридних міні-мереж, акумуляторів для зберігання відновлюваної енергії, резервних потужностей генераторів нового покоління тощо [170].

3. Екологічна сталість. Саме цей компонент передбачає оцінку енергетичних стратегій країни щодо зменшення викидів парникових газів та інших екологічних впливів, що є ключовим для досягнення кліматичної нейтральності.

Індекс енергетичної трилеми демонструє певну закономірність розподілу, що корелює з результатами оцінки за попередніми індексами (ДОДАТОК Є)

Водночас, проблематика зеленого переходу енергетики у напрямку декарбонізації має певні регіональні особливості (Таблиця 2.2).

Нині Європа переосмислює свою енергетичну політику, акцентуючись на підвищенні доступності та стійкості своїх енергосистем. В умовах збільшеної залежності від газу швидкий розвиток відновлюваних джерел енергії призводить до напруження між поточними потребами та довгостроковими цілями. Збільшення цін на енергоресурси підкреслює необхідність проведення реформ на ринку електроенергії, що сприяли б інтеграції відновлюваних джерел, забезпечуючи при цьому енергетичну незалежність та створення стійких, самодостатніх і справедливих економічних систем.

Водночас, Північна Америка активно вирішує проблему балансу енергетичної трилеми, акцентуючись на зміцненні інфраструктурної стійкості, енергетичній справедливості на рівні місцевих громад та екологічній сталості. Реалізація переходу до чистих джерел енергії підтримується сучасними державними політиками, зокрема такими як Закон про зниження інфляції, однак стикається з викликами, пов'язаними з необхідністю інвестицій у системи передачі енергії та вразливостями ринку. Основні зусилля регіону нині зосереджені на досягненні балансу між доступністю, надійністю та сталістю енергії через упровадження інноваційних політик та технологій.

Таблиця 2.2.

**Балансування
енергетичного переходу за регіонами світу**

Регіон	Проблема в контексті енергетичної трилеми	Кроки та цілі	Розвиток в контексті кліматично- нейтральної економіки
1	2	3	4
Азія	Вугільна залежність, інфраструктурні виклики	Розширення відновлюваної енергії, збалансований розвиток	Зосередження на стійкому зростанні та регіональній співпраці
Близький Схід і Перська Затока	Енергетична безпека та геополітичні зміни	Інвестиції в різноманітні джерела, сталість ринків	Навігація у складнощах для досягнення сталості та безпеки на тлі регіональних напружень
Африка	Інфраструктурні та інвестиційні обмеження	Розвиток відновлюваної енергії, інституційне лідерство	Потреба в стратегічному підході для подолання викликів та досягнення стійкості
Північна Америка	Інвестиції в передачу енергії, ринкові вразливості	Політики, які сприяють чистій енергетиці, зміцнення мереж	Важливість інноваційних політик та технологій для захисту від наслідків зміни клімату
Європа	Залежність від газу, потреба в енергетичній стійкості	Розвиток відновлюваної енергетики, енергетичні реформи	Перехід до відновлюваних джерел та зменшення залежності від природного газу сприяє сталості

Джерело: сформовано авторами на підставі аналізу цифрової платформи енергетичної трилеми www.imd.org

Країни Латинської Америки та Карибського басейну стикаються з досить гострим проявом проблем, що стосуються зміни клімату та загальної політичної нестабільності, що, у свою чергу, впливає на енергетичний сектор. Енергетичні субсидії відіграють ключову роль у забезпеченні доступності енергії в регіоні, але також спричиняють економічні диспропорції та збільшують витрати на декарбонізацію [145]. Залежність окремих сфер від гідроенергії підкреслює необхідність загальної диверсифікації джерел енергії, зокрема форсованого переходу на альтернативні зелені рішення [256]. Прагнення до стійкої енергетичної системи у майбутньому потребує рішучішого балансування економічних та екологічних аспектів, що критично важливо для структурних змін у регіоні.

Енергетичний перехід Азії відзначається стрімким зростанням попиту на енергію, це обумовлено загальним економічним зростанням та участю регіону у численних програмах зеленого переходу за підтримки міжнародних кліматичних фондів. Однак, прояв наслідків зміни клімату має найруйнівніший вплив на енергетичну інфраструктуру, бізнес-процеси та втрату людського капіталу [294, 8]. Відтак, регіон прагне до енергетичної незалежності, поступово долаючи залежність від вугілля. Зусилля спрямовуються передусім у напрямку подолання ринкових складнощів, розширення відновлюваних джерел та впровадження електромобілів. Однак, забезпечення зеленого енергетичного переходу в країнах Азії стикається зі значними фінансовими викликами, що потребує ефективнішої міжрегіональної співпраці та залучення приватних інвестицій.

На противагу, країни Близького Сходу та Перської затоки – найпоказовіші з точки зору можливого масштабу трансформації енергетичного сектору та поступової зміни парадигми управління економікою. Нині країни регіону переживають важливий період переходу від традиційної залежності від нафти та газу до впровадження інновацій у сфері відновлюваної енергетики

та навіть ядерного синтезу, що є вагомим чинником для забезпечення глобальної енергетичної безпеки. Демонструючи високі показники енергетичної справедливості у межах індексу енергетичної трилеми, регіон інвестує у різноманітні джерела енергії та у світові ініціативи для забезпечення сталого доступу. Амбітні цілі відновлюваної енергії та стратегічні інвестиції покликані забалансувати економічне зростання в регіоні із вимогами зміни клімату.

Зазначимо, що Африка також перебуває у критично важливому етапі свого енергетичного розвитку через зростання попиту на енергоносії та виклики енергетичної безпеки на тлі переходу до чистіших джерел енергії. Попри деякі обмеження доступу до якісної інфраструктури та інвестицій, зусилля з упровадженню відновлюваної енергії набирають обертів [17]. Континент стикається з делікатним завданням балансування між забезпеченням енергетичної справедливості, відкриття нових можливостей економічного зростання та подолання кліматичних викликів, особливо у сільських районах [229]. Актуальні завдання для Африки – розвиток інституційного лідерства, просвіти та зміцнення спроможності приватного сектору в питаннях зеленого переходу та залучення інвестицій.

Аналіз глобальних диференціацій за усіма вищезазгаданними «зеленими» індексами підтверджує існування досить значної диспропорції між країнами, що сповільнює досягнення кліматичної нейтральності на глобальному рівні. Подолання розривів потребує спільних скоординованих зусиль, додаткової фінансової підтримки, зміцнення кліматичних політик в країнах та посилення технологічної спроможності.

З огляду на те, що диджитализація розглядається як драйвер розвитку кліматичної нейтральності світової економіки, особливо цікава оцінка цифрових індексів додатково до екологічних.

Нині **Індекс глобальної цифрової конкурентоспроможності** – один із найрепрезентативніших індексів

цифрової економіки, він розраховується Міжнародним інститутом розвитку управління (IMD). Рейтинг світової цифрової конкурентоспроможності IMD щороку оцінює здатність економіки запроваджувати та досліджувати нові цифрові технології, здатні змінити урядові практики, бізнес-моделі та суспільство в цілому.

Рейтинги розраховуються на основі 54 ранжованих критеріїв: 34 жорстких та 20 даних опитування, що охоплюють 3 виміри оцінки: знання, технології, готовність до майбутнього. Країни ранжуються від найбільш до найменш конкурентоспроможної в цифровому світі (ДОДАТОК Ж). Загальний розрив у оцінках цифрової конкурентоспроможності по вибірці країн досить значний та становить 77,45 бали (100 балів максимальна оцінка США та 22,55 балів у Венесуели).

Порівняння оцінок ТОП-3 країн рейтингу наочно відображає дещо різний розподіл сильних сторін у досягненні цифрового лідерства (рис. 2.9)

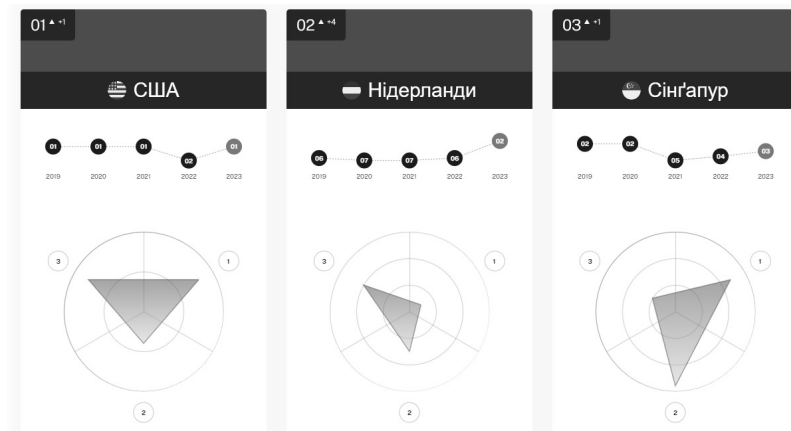


Рис. 2.9. Оцінка ТОП-3 країн в рейтингу глобальної цифрової конкурентоспроможності

Джерело: цифрова платформа www.imd.org

США – безумовний лідер рейтингу за останні 5 років, демонструючи найвищу оцінку відразу за двома складовими

цифрової конкурентоспроможності (1) – знання та (3) готовність до майбутнього. У той самий час Нідерланди спромоглися піднятися на другу сходинку рейтингу з сьомої, надаючи пріоритет розвитку напрямків (2) технології та (3) маючи готовність до майбутнього. Водночас, Сінгапур тримає третю сходинку світової першості за рахунок проактивного розвитку саме технологічного складника цифрового розвитку (2), що у цілому характерно для усіх Азійських тигрів. Більшість країн ЄС знаходяться у першій половині світового рейтингу, отримавши від 70 до 98 балів оцінки цифрової конкурентоспроможності (20 країн). Найбільший розрив спостерігається у Греції (54,7 балів), Румунії та Угорщини (по 58,2 бали). Зазначимо, що близько 100 країн наразі не готові забезпечити належну інформаційну підтримку для оцінки зазначеного рейтингу.

Досить логічно висунути гіпотезу, що висока оцінка за індексом глобальної цифрової конкурентоспроможності сприятиме посиленню технологічного потенціалу досягнення кліматичної нейтральності та у цілому позитивно впливатиме на позицію країни у рейтингу Зеленого майбутнього.

Припущення щодо точок такого взаємного посилення такі:

- Технологічна готовність до зеленого переходу. Країни, що мають високі показники в індексі цифрової конкурентоспроможності, зазвичай є лідерами у впровадженні та використанні новітніх технологій. Це включає технології у сфері зеленої енергетики та енергоефективності, що є критично важливими для переходу на кліматично нейтральну економіку.

- Інноваційні можливості. Висока цифрова конкурентоспроможність країни неможлива без інноваційної інфраструктури, що зазвичай охоплює новітні рішення для сталого розвитку [201]. Це означає, що країни можуть ефективніше розробляти та впроваджувати інноваційні рішення для скорочення вуглецевого сліду.

- Бізнес-процеси. Цифрова конкурентоспроможність вказує на ефективність бізнес-процесів, пов'язаних із безпосереднім

виробництвом, логістикою та управління енергоспоживанням. Відтак, країни з високим рівнем цифрової конкурентоспроможності здатні оптимізувати ці процеси для зменшення впливу на довкілля.

- Розвиток навичок та освіти. Висока цифрова конкурентоспроможність країни також пов'язана з рівнем освіти та навичок працівників, які можуть спрямувати їх у сектори, пов'язані із кліматичними технологіями та зеленим переходом компаній.

Отже, країни з високим рівнем рейтингу у глобальному індексі цифрової конкурентоспроможності мають більше ресурсів, технологій та можливостей для ефективного переходу до кліматично нейтральної економіки. Вони можуть швидше адаптуватися до нових технологічних стандартів та ефективніше реагувати на кліматичні виклики.

Співставний аналіз рейтингів цифрової конкурентоспроможності та зеленого майбутнього у цілому підтверджує логіку окреслених припущень, особливо для країн ЄС. Так, Данія, Швеція, Норвегія, Фінляндія та Нідерланди перебувають у кластерах-лідерах обох рейтингів зеленого майбутнього та цифрової конкурентоспроможності. Такий же збіг високих позицій характерний для США та Канади. Водночас, країни з низькими оцінками зелених політик (Індія, Туреччина, росія) займають посередні позиції рейтингу цифрової конкурентоспроможності. Уваги заслуговує Китай, кейс якого було розглянуто раніше у контексті своєрідного зеленого стрибка з незадовільних позицій до середнього рівня зеленого розвитку. Зазначимо, що у рейтингу цифрової конкурентоспроможності економіка Китаю також демонструє стабільне зростання.

Докладніше дослідити передумови цифрового зростання у контексті підтримки кліматично-нейтральної економіки дозволяє **Індекс цифрової трансформації економіки та суспільства DESI (Digital Economy and Society Index)**, він розраховується за ініціативи ЄС. Індекс відстежує ефективність

держав-членів у сфері цифрового підключення, цифрових навичок, онлайн-активності та цифрових державних послуг для оцінки стану диджиталізації кожної країни та визначення сфер, що потребують пріоритетних інвестицій та дій.

Методологія DESI 2022 охоплює чотири виміри:

- Людський капітал (навички користувача Інтернету, передові навички та розвиток);
- Підключення (фіксований та мобільний широкосмуговий доступ, ціни на широкосмуговий доступ);
- Інтеграція цифрових технологій (цифрова інтенсивність, цифрові технології для бізнесу, електронна комерція);
- Цифрові державні послуги (електронний уряд).

Рейтинг країн ЄС за індексом DESI є наступним (рис. 2.10)

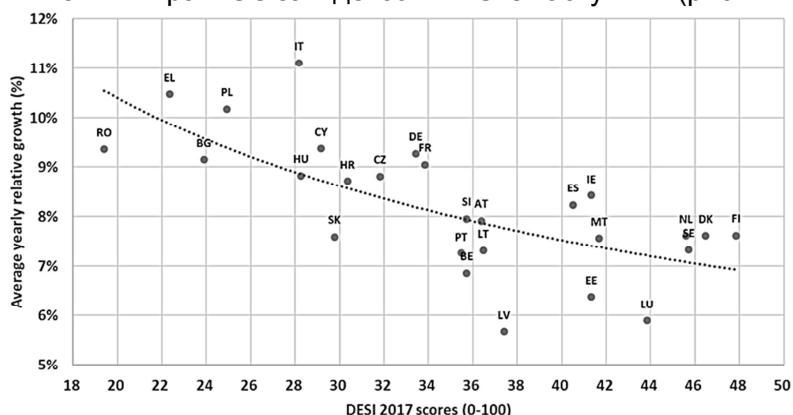


Рис. 2.10. Конвергенція країн ЄС за індексом DESI у 2017-2022 роках

Джерело: Звіт DESI [101]

Графік відображає стрибок держав-членів щодо загального рівня диджиталізації економіки та суспільства за останні 5 років. Для кожної країни показано співвідношення між її балами DESI 2017 (горизонтальна вісь) та середньорічним зростанням DESI у період 2017- 2022 рр. (вертикальна вісь).

У своєму звіті [101] аналітики Єврокомісії наголошують, що як і у класичній теорії економічного зростання, загальне

зближення спостерігається тоді, коли країни, що починають з нижчих рівнів цифрового розвитку, зростають швидшими темпами (ліва частина діаграми). Синя лінія на графіку – лінія конвергенції. Країни, які розташовані вище за неї – демонструють більше зростання, а отже – «перевершують очікування». Протилежна картина спостерігається для країн, розташованих нижче лінії конвергенції.

Аналіз індексу DESI в ЄС за останні роки дозволяє виокремити кілька напрямків посилення цифрових тенденцій, вони наведені нижче на основі дослідження джерел [101, 102, 109, 297, 260].

По-перше, розвиток цифрової інфраструктури. Нині в ЄС середнє покриття широкосмугового доступу в населених пунктах становить майже 100%, при цьому 83% домогосподарств мають доступ до швидкісного інтернету зі швидкістю понад 100 Мбіт/с. Ультрашвидкісний доступ (1 Гбіт/с та вище) доступний у 60% домогосподарств. Найвищі показники відзначені в Данії, Люксембурзі та Мальті, де покриття перевищує 90%.

По-друге, цифрові публічні послуги. Близько 67% громадян ЄС взаємодіяли з публічними органами влади онлайн в останній рік, що на 20% більше порівняно з попередніми роками. Впровадження електронного урядування та відкритих даних зросло, з особливо високими показниками в Естонії та Фінляндії, де доступність та якість цифрових державних послуг вважається однією з найкращих.

По-третє, розвиток людського капіталу та цифрових навичок. Близько 65% населення ЄС володіють базовими цифровими навичками, а 33% мають просунуті цифрові навички, що важливо для сучасного робочого ринку. Найвищий рівень ІКТ-спеціалістів спостерігається у Швеції та Фінляндії, де більше 8% працездатного населення зайняті в ІКТ-секторі.

По-четверте, висока цифрова інтенсивність у бізнесі. Нині 26% малих та середніх підприємств в ЄС використовують хоча би чотири з дванадцяти вибраних цифрових технологій,

включаючи хмарні обчислення, великі дані та штучний інтелект. Використання ERP систем у бізнесі також зросло, особливо в країнах Північної Європи, таких як Фінляндія та Нідерланди. Технології великих даних використовуються для оптимізації операцій, покращення рішень у бізнесі та персоналізації клієнтського досвіду. Понад 12% МСП застосовують ці технології для аналізу та використання зібраних даних. Застосування технологій штучного інтелекту серед європейських компаній зросло до 30%, зокрема у сферах, де потрібні складні аналітичні рішення та автоматизація процесів. Сильний ріст електронної комерції в ЄС підтримується цифровими інструментами. Інтеграція онлайн продажів існує у 17% МСП, що значно сприяє розширенню їхнього ринку та збільшенню доходів.

Наведена статистика свідчить не тільки про суттєве посилення цифрових тенденцій у ЄС, але й про зростання якості наданих цифрових послуг, їх повсюдності та сприйнятті суспільством.

Це підтверджує і міжнародний **Індекс цифрової якості життя (DQL Index, або Digital Quality of Life Index)**, що вивчає рівень цифрового добробуту в різних країнах світу. Індекс DQL охоплює 117 країн із доступними даними, що становить 92% світового населення.

Кожна країна оцінюється за п'ятьма напрямками:

- Напрямок 1. Доступність Інтернету – скільки часу люди повинні працювати, аби дозволити собі стабільне підключення до Інтернету.

- Напрямок 2. Якість Інтернету – наскільки швидке та стабільне підключення до Інтернету в країні та наскільки воно покращується.

- Напрямок 3. Електронна інфраструктура – наскільки добре розвинена та інклюзивна наявна електронна інфраструктура країни.

- Напрямок 4. Електронна безпека – наскільки безпечно та захищено почувуються люди в країні.

• Напрямок 5. Електронний уряд. Наскільки розвинені та оцифровані державні послуги в країні.

Отже, напрямки оцінки індексу охоплюють як базові умови втілення диджиталізації – наявність та доступність інтернету, так і ознаки, характерні для якісної цифрової трансформації на державному рівні.

Дослідження парної кореляції між цими напрямками та загальним значенням індексу показує, що саме цифрова якість життя здебільшого обумовлюється високим рівнем розвитку електронної інфраструктури, забезпеченням інформаційної безпеки та широким спектром доступних сервісів електронного уряду (рис. 2.11).

DOL	1					
Доступність Інтернету	0,67	1				
Якість Інтернету	0,78	0,42	1			
Електронна інфраструктура	0,91	0,48	0,76	1		
Електронна безпека	0,89	0,5	0,54	0,72	1	
Електронний уряд	0,94	0,53	0,77	0,89	0,75	1

Рис. 2.11. Зв'язок індексу DOL з окремими параметрами оцінки

Джерело: цифрова платформа індексу [310]

Наведений характер залежності обумовлений тим, що показники доступності та якості Інтернету вже не є «над-перевагою», а сприймаються як базові умови організації життя сучасної людини.

Зазначимо, що у 2023 році ТОП-10 країн рейтингу цифрової якості життя сформували Франція, Фінляндія, Данія, Німеччина, Люксембург, Іспанія, Естонія, Австрія, Швейцарія та Сінгапур.

Така оцінка відрізняється від розподілу за світовим індексом цифрової конкурентоспроможності. Відтак, індекс DOL доречно розглядати саме у розрізі забезпечення соціальної складової цифрової трансформації (якість цифрових сервісів для громадян, е-безпека, е-уряд тощо). Водночас індекс IMD більше відображає потенціал країни у здійсненні цифрового переходу економіки, трансформації індустрії та створенні цифрових інновацій.

Втім, усі розглянуті вище індекси цифрового розвитку корисні для розуміння ролі диджиталізації як драйвера кліматично-нейтральної економіки. Ці індекси репрезентують фактичну загальну готовність країн до впровадження та широкої інтеграції цифрових технологій, що можуть сприяти зменшенню впливу на довкілля та оптимізації використання ресурсів. Нині такі сфери диджиталізації охоплюють цифрові рішення для енергоефективності, смарт-технології та інтелектуальні мережі, зелені інновації, екологічний моніторинг та кліматичне управління.

Загалом, оцінка сукупності індексів зеленого та цифрового розвитку дозволяє поглибити розуміння світової диференціації країн у напрямку досягнення кліматичної нейтральності світової економіки.

2.3. Міжнародні кліматично-цифрові проєкти та ініціативи

Як було показано раніше, диджиталізація – своєрідний драйвер кліматично-нейтральної економіки, що дозволяє використовувати широкий спектр цифрових інструментів та рішень в кліматичному управлінні та зеленому переході різноманітних індустрій.

Зазначимо такі глобальні ініціативи: «Climate Neutral Now» від Організації Об'єднаних Націй, «Sustainability in the Digital Age» від Future Earth Canada Hub, «Breakthrough energy» від Білла Гейтса та «Sustainable digitalization» від Європейського цифрового альянсу малого та середнього бізнесу та інші. Ці платформи збирають дані про еко-цифрові проєкти та роблять перші спроби впорядкувати їх відповідно до цілей кліматичної нейтральності.

Нижче представлено результати дослідження більше 200 міжнародних еко-цифрових проєктів, зібраних із вищезазначених платформ, що дозволяє сформувати бачення світової канви кліматичних ініціатив у різних країнах світу.

Дані були відібрані, відфільтровані та ранжовані з диверсифікацією за такими категоріями та підкатегоріями:

- регіон проєкту;
- форма лідерства (академічна установа; громадянське суспільство; приватний та публічний сектор);
- прикладні цифрові рішення; стратегія та фокус проєкту.

Для класифікації та систематизації було використано методологічний підхід, викладений в аналітичному звіті [44], однак розширено його межі для визначення авторського бачення «цифрового скелету» кліматично-нейтральної економіки.

Зазначимо, що нижченаведені викладки розширюють попередні дослідження авторів монографії у цій сфері [216, 218, 217].

Диджиталізація відкриває широкі можливості для забезпечення та підтримки кліматично-нейтральної економіки на різних рівнях процесної взаємодії.

Сучасний міжнародний досвід кліматично-цифрових проєктів дозволяє класифікувати широкий спектр напрямків, включаючи, але не обмежуючись ними:

1)Збір та аналіз даних, що передбачає моніторинг екологічних показників та оцінку впливу зміни клімату.

2)Кліматичне моделювання та прогнозування, включаючи «цифровий двійник» для симуляцій та розуміння кліматично нейтральних моделей та внутрішніх зв'язків.

3)Інтеграція відновлюваної енергетики з метою сприяння інтеграції відновлюваних джерел енергії в існуючі електромережі та уможливлення «зеленого» управління енергією.

4)Розумні міста та інфраструктура.

5)Адаптація до зміни клімату та стійкість, розгортання цифрових платформ для стратегій адаптації до зміни клімату та підвищення стійкості до кліматичних ризиків.

6)Зміна поведінки та освіта.

7)Зменшення вуглецевого сліду.

Ці напрямки визначаються, з одного боку, цілями низьковуглецевої економіки, а з іншого – цифровими можливостями, доступом до інновацій та загальними досягненнями світової науки та технологічного прогресу. Конкретна спрямованість та масштаби кліматично-цифрових проєктів можуть бути різними, але в їх основі лежить використання цифрових технологій для боротьби зі зміною клімату та сприяння кліматичній нейтральності.

Аналіз частоти використання ІТ-рішень у досліджуваних кліматично-цифрових проєктах показали такі результати (рис. 2.12).

Вищенаведений графік репрезентує цифровий інструментарій або своєрідний «цифровий скелет» для сучасної глобальної системи декарбонізації промисловості. Аналіз фрагментації ІТ дозволяє зробити висновок про пріоритетність розвитку Big Data та ІТ-платформ, штучного інтелекту та машинного навчання, блокчейну, мобільного

та цифрового доступу. Виявлено, що ці технології самодостатні для підтримки кліматичних проєктів та можуть використовуватися самостійно. Так, приблизно 40% усіх кліматично нейтральних ініціатив потребують одного провідного цифрового рішення для успішної реалізації на практиці.

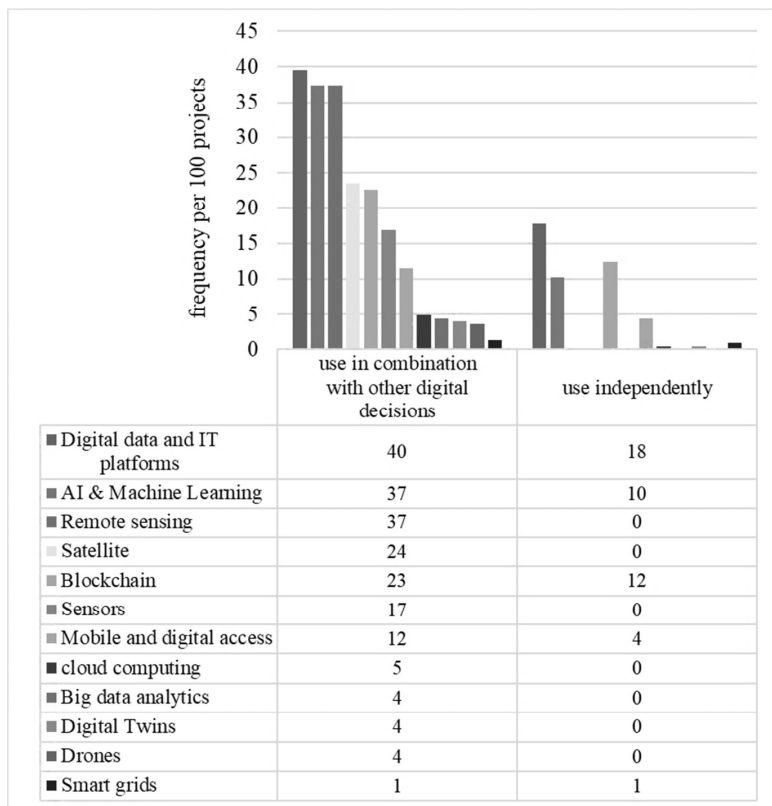


Рис. 2.12. Ключові цифрові технології для проєктів кліматично-нейтральної економіки

Джерело: побудовано авторами на основі набору статистичних даних [311]

І навпаки, дистанційне зондування та супутники також відіграють вирішальну роль у подвійному кліматично-цифровому переході. Проте їхня успішна інтеграція вимагає комплексного поєднання з іншими ІТ. Дослідження виявило відносно низький рівень застосування хмарних обчислень, аналізу великих даних, цифрових двійників, дронів та розумних мереж у поточній системі кліматично-цифрових проєктів. Однак їхня актуальність може змінитися в майбутньому в рамках розвитку інновацій та нових технологічних підходів.

Отримані результати можуть слугувати основою для глобального цифрового переходу до кліматично-нейтральної економіки в таких аспектах:

- По-перше, заохочення та стимулювання інновацій у цифрових секторах, визначених як ключові для кліматичних проєктів.

- По-друге, розвиток міжнародних кліматично-цифрових ринків та гнучких механізмів ціноутворення на перспективні технології з метою забезпечення їх доступності для різних галузей та регіонів світу.

- По-третє, розробка готових до реалізації проєктів із самодостатніми технологіями, що сприятиме їх швидкому поширенню та глобальному впровадженню.

- По-четверте, створення глобальної системи моніторингу для відстеження перших результатів ключових цифрових рішень та оцінки їхньої ефективності в наближенні до кліматичної нейтральності.

Однак, проблема забезпечення справедливого та рівного доступу до цифрових технологій, що відіграють ключову роль у кліматичних проєктах, може суттєво відрізнятись через глобальну диференціацію та диспропорції.

Роздуми про інклюзивний доступ до кліматично-цифрових рішень, наводять на міркування. Глобальний шлях до кліматичної нейтральності стає радше ринково орієнтованим, ніж соціально орієнтованим. Точніше кажучи, перехід до низьковуглецевої економіки зміщується в бік

більш ринкового підходу, а не визначається переважно громадськими чи урядовими ініціативами (рис. 2.13).

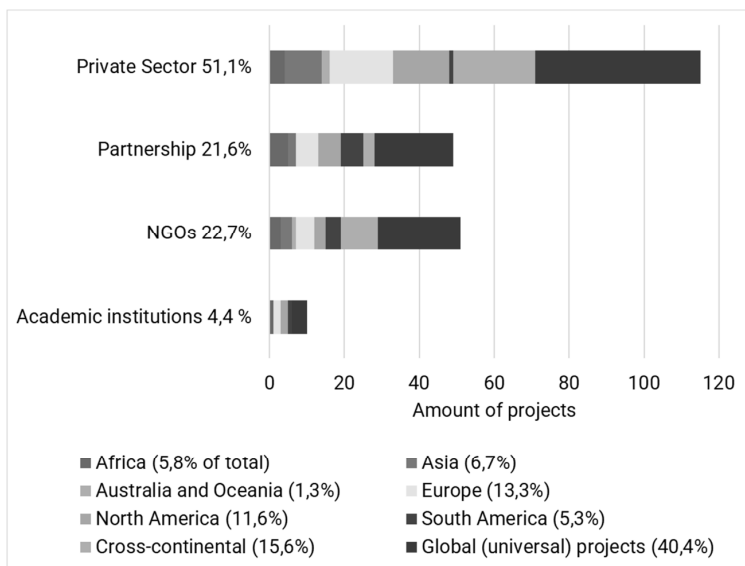


Рис. 2.13. Регіони-реципієнти кліматично-цифрових проєктів та регіони-провайдери

Джерело: побудовано авторами на основі набору статистичних даних [311]

Отже, реальний сектор економіки – ключовий розробник кліматично-цифрових проєктів, що задовольняє попит на них практично в усьому світі. Це свідчить про те, що ринкові сили, такі як економічні стимули, механізми ціноутворення та участь приватного сектору, відіграють все помітнішу роль у прийнятті та впровадженні низьковуглецевих рішень та технологій. Щонайменше половина світових постачальників кліматично-цифрових рішень представлена приватним сектором. Натомість неурядові організації забезпечують приблизно 23% від загальної кількості кліматично-цифрових проєктів, тоді як академічні установи та науково-дослідні

розробки становлять менше 5%. З огляду на цей факт, модель партнерства стає все популярнішою, щоб усунути бар'єри та подолати розбіжності між баченням бізнесу та уряду.

Крім того, лівова частка кліматично-цифрових проєктів є універсальними або охоплюють 2-3 регіони світу та можуть бути широко застосовані в різних країнах. Велика кількість кліматично-цифрових проєктів стосується екологічних питань у Європі (13,3%) та Північній Америці (11,6%), тоді як шлях декарбонізації в Африці, Азії та Південній Америці все ще недостатньо охоплений. Низький показник проектної діяльності в Австралії може бути пов'язаний з тим, що Австралія швидше приєднується до глобальних та міжконтинентальних екоцифрових ініціатив.

Ще одним примітним фактом є те, що найефективнішою моделлю подвійного зеленого та цифрового переходу в «екологічно бідних» регіонах, таких як Африка та Південна Америка, стало партнерство та громадянське суспільство. Таким чином, голос суспільства відіграватиме вирішальну роль у боротьбі зі зміною клімату в найближчому майбутньому. Аналіз підтвердив глобальну готовність підтримати країни третього світу на шляху до кліматичної нейтральності. Понад 30 крос-континентальних проєктів (15,5 %) розробляються інституціями ЄС та США безпосередньо для Африки, Азії та Південної Америки.

Глобальні кліматично-цифрові пропозиції переважно зосереджені у ЄС та Північній Америці, що підтверджує кліматично-нейтральні пріоритети цих регіонів.

Водночас ці регіони – найбільші постачальники кліматично-цифрових проєктів (рис. 2.13).

Сучасний науковий дискурс підтримує ідею випереджаючого прогресивного управління змінами клімату на противагу пост-управління їх наслідками [241, 340].

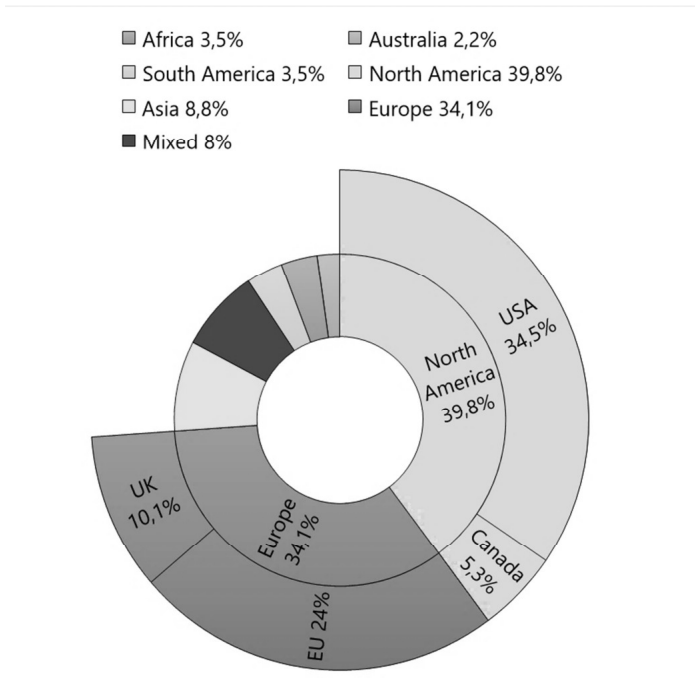


Рис. 2.13. Регіони-розробники кліматично-цифрових проєктів

Джерело: побудовано авторами на основі набору статистичних даних [311]

Розглядаючи стратегії кліматично-цифрового управління, ми звертаємо увагу на модель зеленої філантропії, яка окреслює 4 відповідні рівні [44]:

- Мобілізація даних для посилення процесу прийняття рішень (S1).

- Цифрова оптимізація існуючих стратегій (S2).

- Моделювання поведінкових змін (S3).

- Участь та розширення прав та можливостей (S4).

Систематизація існуючої бази даних із 225 проєктів за цим критерієм дозволяє представити таку просторову модель (рис. 2.14).

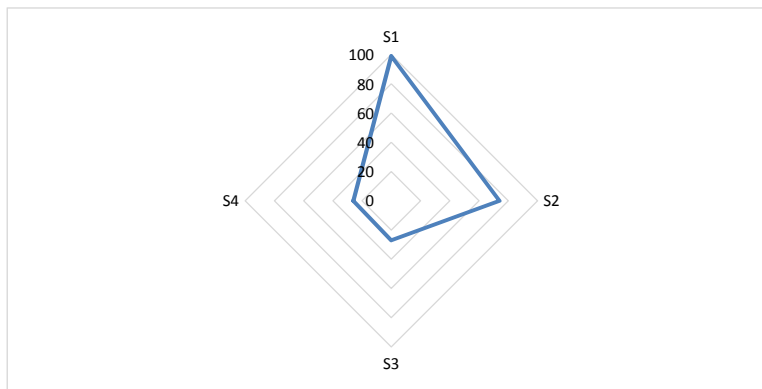


Рис. 2.14. Просторова модель стратегічних напрямків кліматично-цифрових проєктів

Джерело: побудовано авторами на основі набору статистичних даних [311]

На діаграмі зображено очевидний фокус на мобілізацію даних та цифрову оптимізацію існуючих стратегій. Попри те, що така тенденція сприяє адаптації промисловості та, ймовірно, посилить процес прийняття рішень, цього недостатньо для якісних змін та досягнення кліматичної нейтральності у найближчому майбутньому. Наразі впроваджується недостатньо проектних ініціатив щодо участі та розширення прав та можливостей громадськості. Кліматична нейтральність передбачає глибокі та системні зміни поведінки економічних суб'єктів. У цих умовах необхідно залучати більше академічних та дослідницьких установ, міжнародних організацій і спілок для реалізації спільних проєктів у сфері зміни поведінки та розширення прав і можливостей.

Водночас, можна виділити дев'ять типів найважливіших кліматичних проєктів, реалізації яких сприяє диджиталізація:

- Посилення скорочення викидів шляхом підвищення ефективності та оптимізації енергоспоживання (F1).
- Розширення ринків екологічних товарів (компенсація викидів вуглецю, вуглецеві кредити тощо) (F2).

- Сприяння збереженню біорізноманіття та залучення громад (F3).
- Адвакація політики у сфері відновлюваної енергетики та вуглецевих викидів (F4).
- Підтримка невизначеної кліматичної політики (F5).
- Забезпечення продовольчої та водної безпеки і сприяння сталому розвитку сільського господарства (F6).
- Вдосконалення практики обліку та звітності зі сталого розвитку в приватному секторі (F7).
- Заохочення широкого впровадження відновлюваної енергії (F8).
- Покращення якості повітря та контроль за забрудненням (F9).

Застосувавши цю класифікацію до наявної бази даних з 225 проєктів, було визначено структуру загальної канви кліматично-цифрових проєктів у ЄС та світі (рис. 2.15).

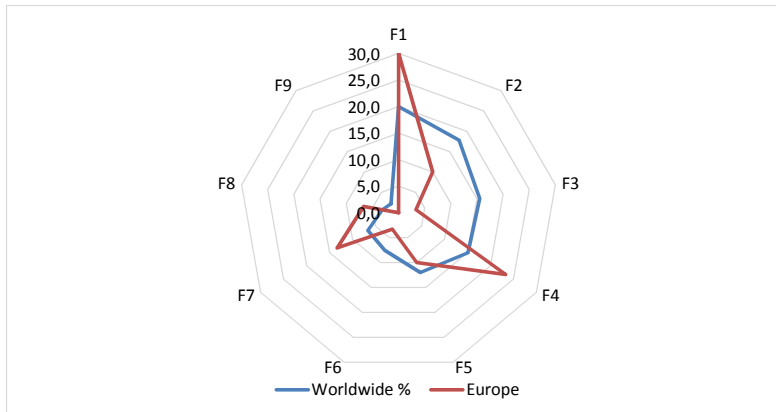


Рис.2.15. Структура кліматично-цифрових проєктів за типами

Джерело: побудовано авторами на основі набору статистичних даних [311]

У нинішніх умовах світові проєкти з груп F1-F5 становлять приблизно 80,4% усіх кліматичних ініціатив і є основою для

подвійного переходу до кліматично нейтральної економіки у найближчому майбутньому. Стратегічний розвиток таких технологій, як блокчейн, штучний інтелект та машинне навчання, спільні ІТ-платформи мають першорядне значення для їх реалізації. Особливої уваги заслуговує група F5. Вона охоплює кліматичні цифрові проекти, що підтримують невизначену кліматичну політику та стосуються відстеження клімату онлайн, спостереження за даними з супутників та датчиків, міжконтинентальних платформ даних. Особливістю цієї групи є те, що розробка проектів вимагає інтеграції ключової цифрової технології великих даних та платформ для спільної роботи.

Проведений аналіз дозволив визначити такі виклики для успішної реалізації кліматично-цифрових проектів з точки зору диджиталізації.

1) Фрагментований ландшафт. Цифровий інструментарій для кліматичних проектів традиційно охоплює різноманітні засоби для збору, аналізу, моделювання, візуалізації та комунікації даних. Однак ці інструменти працюють ізольовано, у різних форматах даних, інтерфейсах та з різними технічними вимогами. Фрагментарний характер поточного ландшафту створює проблеми у створенні цілісного та впорядкованого робочого процесу ІТ для кліматичних проектів.

2) Сумісність даних. Кліматичні проекти покладаються на різні джерела даних, включаючи супутникові знімки, кліматичні моделі, сенсорні мережі та навіть стрічки соціальних мереж. Таким чином, інтеграція та узгодження таких даних у цілісний інструментарій може бути значним технічним викликом.

3) Відсутність інтероперабельності та стандартизації кліматичних проектів, що буде складним завданням через відмінності у структурах даних, мовах програмування та базових технологіях.

4) Масштабованість та продуктивність. Забезпечення того, щоб проекти з цифрового клімату були масштабованими та могли впоратися зі зростаючими вимогами до обробки та аналізу даних – важливе завдання.

5) Доступність та зручність використання, що надзвичайно важливо для просування мобільних додатків та IT-платформ. З їх допомогою кліматичні ініціативи залучають широке коло зацікавлених сторін, включаючи науковців, політиків та реальний сектор економіки.

Вищезазначені питання визначають напрямок стратегічного розвитку цифрової підтримки переходу до низьковуглецевої економіки. Насправді, встановлення загальних стандартів даних, підтримка ініціатив щодо відкритих даних та створення систем інтероперабельності – важливі заходи, що сприяють підвищенню ефективності цифрового інструментарію для кліматично-цифрових проєктів.

Існуючий досвід кліматично-цифрових проєктів розкриває значні можливості диджиталізації у вирішенні глобального кліматичного виклику.

Загалом, міжнародні рамки кліматично-цифрових проєктів сприяють подоланню регіональних бар'єрів на шляху до глобальної кліматичної нейтральності економіки.

Однак, їх реалізація потребує виконання щонайменше п'яти складників:

1. Системи моніторингу та аналізу даних про зміну клімату. Передбачає широке застосування датчиків, дронів, супутникових технологій для поглибленого аналізу змін клімату та викидів у контексті діяльності окремих галузей та регіонів світу.

2. «Великі дані» як інструмент оцінки поточного стану зміни клімату та прогнозування її наслідків.

3. Створення інформаційних платформ та міжнародних R&D кластерів для безпосередньої розробки та впровадження інноваційних технологій у сфері енергоефективності, відновлюваної енергетики та інших сферах, пов'язаних зі скороченням викидів парникових газів.

4. Інтеграція цифрових інструментів у кліматичну дипломатію та зелені комунікації по всьому світу. Зокрема, розробка

веб-порталів, мобільних додатків, соціальних мереж та освітніх матеріалів для залучення суспільства, бізнесу та влади до процесу прийняття рішень з метою підвищення їхньої обізнаності про можливості, напрямки та джерела фінансування проектів зеленої трансформації.

5. Розвиток цифрових освітніх платформ та спільних наукових програм у сфері управління кліматом, спрямованих на подолання розриву в ресурсному забезпеченні проектів та формування екологічного мислення.

Широкий спектр цифрових рішень сприяє досягненню кліматичної нейтральності у глобальному масштабі. Попри те, що попит на низьковуглецеві програми відрізняється в різних регіонах, ЄС та США є беззаперечними лідерами у розробці та реалізації кліматично-цифрових проектів. Рушійною силою кліматичних цифрових ініціатив, що підтримуються переважно приватним сектором, громадянським суспільством, партнерами та консорціумами, є насамперед масштабні проекти та міжконтинентальні зусилля, що мають неабияку адаптивність та універсальну застосовність.

Упровадження всесвітньої системи цифрової підтримки для сприяння глобальній декарбонізації вимагає вирішення проблем у різних сферах, включаючи фрагментарний ландшафт, сумісність даних, відсутність інтегрованості та стандартизації, масштабованість і продуктивність, доступність і зручність використання.

Якщо мислити у цьому напрямку, диджиталізацію можна розглядати так:

- По-перше, диджиталізація як сукупність прикладних цифрових інструментів та технологій для забезпечення кліматичної нейтральності на рівні окремих галузей та установ.

- По-друге, диджиталізація, як процес оптимізації процесів зеленого переходу, інтеграція технологій у виробничий цикл з метою підвищення його екологічності, продуктивності та енергоефективності.

- По-третє, диджиталізація як вимір глобального інформаційного середовища, що охоплює широке коло стейкхолдерів: громадськість, органи влади, бізнес, профільних експертів, науковців, освітян для спільної розробки та формування інструментів кліматичної політики, що забезпечить ширше розуміння та підтримку кліматично-орієнтованих програм усіма гравцями міжнародного економічного простору.

Кількісний аналіз підкреслює, що штучний інтелект, машинне навчання, спільні ІТ-платформи та блокчейн – стратегічно важливі цифрові технології для досягнення кліматично нейтральних цілей. Ці цифрові рішення часто застосовуються окремо або разом із іншими технологіями у рамках кліматично-цифрових проєктів. А використання супутників, датчиків, дронів та дистанційного зондування потребує додаткової підтримки і часто інтегрується з іншими ІТ-технологіями. Ця диференціація відображає нинішній акцент на адаптаційних стратегіях, а не на розвитку, у відповідь на попит на кліматично нейтральну економіку. Отже, майбутні глобальні кліматично-цифрові проєкти можуть переорієнтуватися на моделювання поведінкових змін та розширення прав і можливостей.

РОЗДІЛ 3. КОНЦЕПЦІЯ ПОДВІЙНОГО ЗЕЛЕНОГО-ЦИФРО- ВОГО ПЕРЕХОДУ ЯК ІДЕОЛОГІЯ РОЗВИТКУ КЛІМАТИЧНО- НЕЙТРАЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ

3.1. Ідентифікація умов, цілей та можливостей цифрового-зеленого переходу в досягненні кліматичної нейтральності світової економіки

Необхідність пошуку потужних тандемів подвійних переходів економіки обумовлена високим рівнем вразливості, яку демонструє сучасний світ на тлі загострення кліматичної кризи, наслідків пандемії COVID-19, повномасштабного російського вторгнення в Україну та інших геополітичних викликів для світового порядку.

Ця думка проходить своєрідною «red line» у документах Єврокомісії [97, 94, 104]. Наведені в них аналітичні викладки окреслюють системний вплив геополітичних гібридних загострень сучасності на кліматичну проблематику, здебільшого у контексті посилення енергетичних проблем.

З одного боку, наслідки пандемії COVID-19 все ще відчутні для світової економіки, обумовлюючи додатковий фінансовий тягар для багатьох країн, зокрема через високі інвестиції та фіскальні витрати для подолання наслідків кризи [328].

З іншого боку, агресивна війна росії проти України загострила необхідність переходу до сталої енергетики.

Залежність від викопного палива стала геополітичною проблемою з наслідками для стратегічної автономії багатьох держав-членів Європейського Союзу [157]. Це вимагає пошуку механізмів прискореного енергетичного переходу до відновлюваних джерел енергії, підвищення енергоефективності та диверсифікації імпорту енергії вже у короткостроковій перспективі. Зазначимо, що ця амбітна мета лежить в основі плану REPowerEU [91]. Водночас, інше дослідження незалежного Спільного Дослідницького Центру ЄС показало, що нині багато країн світу ризикують зіткнутися з нестачею продовольства через очікувану втрату врожаю українських культур через війну та втрату російського імпорту через бойкоти та санкції [103]. Це додає напруженості світовій проблемі продовольчої безпеки, що загострюється у зв'язку з антропогенними наслідками зміни клімату.

У цьому контексті зелений перехід необхідний для пом'якшення наслідків зміни клімату та попередження подальшої деградації навколишнього середовища. Він також відповідає концепції кліматично-нейтральної економіки та сприяє розвитку її енергетичної незалежності. Як було розглянуто у 1 розділі монографії, наукові дані про руйнівний вплив кліматичної кризи вказують на досить тривожну довгострокову перспективу та вимагають сміливих негайних дій. Політику пом'якшення змін клімату та адаптації до наслідків його зміни було інституціоналізовано на міжнародному рівні завдяки Паризькій угоді 2015 року, а на європейському рівні посилено завдяки Європейській зеленій угоді та відповідним політичним ініціативам. У зеленому переході ЄС вбачає провідний імператив свого становлення як стійкого об'єднання та як шлях модернізації економіки і підвищення енергетичної автономії через зменшення залежності від імпорту енергії та сировини.

Відтак, «зелений перехід» передбачає фундаментальну зміну моделей виробництва та споживання, що у довготривалій ідеологічній перспективі забезпечує можливість подальшого

життя та сталого функціонування на нашій планеті [281]. Такий перехід веде до пом'якшення кліматичних змін через запровадження екологічно сприятливого способу життя та компенсації екологічних збитків [211]. Зелений перехід сприяє формуванню системи екосистемних послуг, що мають вирішальне значення для створення сталих суспільств на засадах справедливості та інклюзивності [355]. Відтак, зелений перехід – це своєрідна можливість отримати паритет економічних та суспільних переваг. За такого підходу конкурентні переваги економічної діяльності мають забезпечувати рішення, що відповідають екологічним інтересам планети та існуючим екосистемним обмеженням.

У свою чергу, «цифровий перехід» – це постійний процес, спрямований на зміну способів та підходів до функціонування систем. Він демонструє потенціал для подальшої трансформації домінуючих практик в економіці та суспільстві [176]. Еволюція цифрових технологій обумовлена, з одного боку, науково-технічним поштовхом у першу чергу для покращення їх продуктивності, а з іншого – попитом користувачів на цифрові технології [2]. Відтак, диджиталізація змінює способи комунікації та взаємодії між економічними агентами, пропонує оптимальні інструменти для створення економічної цінності, ведення бізнесу, керування ланцюгами поставок тощо.

Однак, як показує низка досліджень, посилення диджиталізації в Європейському Союзі несе також ризики, включаючи соціальні розриви, поляризацію думок, зростання нерівності, а також загрози безпеці та дезінформацію [72, 176]. Ці ризики поглиблюються через залежність ЄС від неєвропейських технологій та великих міжнародних технологічних компаній, що може призвести до втрати цінності європейських даних, їх безпеки та обробки за межами ЄС [99]. Інший проблемний аспект – оцінка вуглецевого сліду від використання та створення самих цифрових технологій, багато з яких досить енергоємні.

Зважаючи на зазначені аспекти, успішність цифрового переходу залежить від створення сталої цифрової інфраструктури та потужної системи цифрової освіти. Цифровий перехід вимагає політики, що використовує переваги технологій, зменшуючи негативний вплив технологічних змін та не відстаючи від глобальних конкурентів.

На рівні ЄС, адресація цих викликів знайшла відображення у Компасі цифрового десятиліття, що окреслює цілі на 2030 рік та встановлює шлях до надання «людям та підприємствам можливості отримати орієнтоване на людину, стійке і процвітаюче цифрове майбутнє» [90]. Його ініціативи спрямовані на впровадження повністю функціонуючого єдиного цифрового ринку, ефективної європейської хмари, глобального лідерства в надійному штучному інтелекті та безпечної цифрової ідентифікації для всіх. Так, ЄС прагне переконатися, що цифрові інструменти забезпечують права та свободи громадян і зміцнюють демократію.

Важливо зазначити, що на відміну від зеленого переходу, цифровий перехід не зумовлений перш за все необхідністю збереження сталості планети, а стимулюється величезними новими можливостями, створеними диджиталізацією. Це важливий аргумент на користь синергії цифрової та зеленої трансформації світової економіки.

Обидва «переходи» знаходяться у фарватері політичного порядку денного ЄС та світу. Зазначимо, що особливість «подвійного переходу» полягає не у тому, що певні дві потужні трансформаційні тенденції відбуваються одночасно, а саме в об'єднанні таких переходів за принципами взаємопосилення та синергії. Тільки у такому втіленні подвійні переходи сприяють фасилітації та прискоренню необхідних змін, наближаючи суспільство до необхідного рівня трансформації.

Відтак, концепція подвійного зеленого-цифрового переходу покликана знайти науково обґрунтовані відповіді на щонайменше 3 питання:

• Як цифрові технології можуть сприяти боротьбі з наслідками зміни клімату та погіршенням стану навколишнього середовища?

• Які точки є точки синергії, напруги та небажані ефекти?

• Які фактори та практики подвійного зеленого-цифрового переходу сприяють його гармонізації?

Подвійний зелений-цифровий перехід – стратегічно важливий процес, що поєднує зусилля для досягнення екологічної стійкості та можливості цифрової трансформації економіки та суспільства у тандемі синергії. Подвійний перехід спрямовано на оптимальне використання цифрових технологій для підтримки зелених ініціатив та, водночас, упровадження екологічно чистих технологій у цифровій сфері.

Ідея стосовно можливостей синергії цифрового та зеленого розвитку належить Європейському Союзу. Нині її віддзеркалення можна знайти у міжнародних нормативних документах, стратегіях та планах (таблиця 3.1).

Зазначимо, що наведений перелік документів не є вичерпним. Позиція ЄС полягає у його реалізації на засадах оперативності та інклюзивності, наголошуючи, що у сучасного суспільства немає економічної та соціальної «подушки безпеки» і достатнього запасу часу для реалізації цих переходів окремо [330, 100].

Аналіз наведених у таблиці джерел показав, що концепція подвійного зеленого-цифрового переходу в ЄС спрямована на досягнення кліматичної нейтральності та базується кількох вихідних принципах:

1) Довгострокова перспектива досягнення кліматично нейтральної Європи до 2050 року, яка узгоджується з цілепокладанням та часовим горизонтом Зеленої Угоди. Зазначимо, що саме політичне зобов'язання «створити» Європу як континент з нульовим викидом вуглецю до 2050 року використовується як нормативний керівний принцип для визначення графіків впровадження інновацій у зелені цифрові технології.

Таблиця 3.1

**Деякі програмні документи
зеленого-цифрового переходу**

Документ	Аспект висвітлення проблематики зеленого-цифрового переходу
Європейська Зелена Угода (European Green Deal)	роль цифрових технологій у скороченні викидів парникових газів, підвищення енергоефективності, а також підтримка створення нових ринків для чистих технологій та продуктів, стимулювання інновацій у промисловості
Стратегія цифрової трансформації ЄС (Shaping Europe's Digital Future)	використання цифрових технологій для досягнення кліматичної нейтральності через зниження вуглецевих викидів цифрового сектору; створення Європейського простору даних; забезпечення цифрового суверенітету Європи та підтримку сталого бізнесу
Комюніке Єврокомісії «Звіт про стратегічне прогнозування 2022: поєднання зелених і цифрових переходів у новому геополітичному контексті».	реалізація цифрового-зеленого переходу в умовах геополітичних викликів через зміцнення економічної та соціальної згуртованості, адаптація освітніх та тренінгових систем, мобілізація інвестицій у нові технології й інфраструктуру, розробка регуляторних рамок
План REPowerEU	Диджиталізація для зниження залежності від російських викопних палив та прискорення зеленої трансформації: збільшення частки відновлюваних джерел енергії, заощадження енергії, диверсифікація постачання енергії. План передбачає досягнення 42.5% частки відновлюваних джерел енергії до 2030 року та підвищення енергоефективності на 11.7% до 2030 року
Цифрова стратегія UNDP 2022-2025	стратегія спрямована на підтримку держав-членів у реалізації цілей сталого розвитку за допомогою цифрових технологій. Вона підкреслює важливість Диджиталізації для досягнення екологічної стійкості та соціально-економічного розвитку.

Джерело: узагальнено авторами

2) Наскрізність подвійного переходу, що передбачає охоплення процесів на різних рівнях господарювання та безпосередньо у сферах забруднення, енергоефективності, біорізноманіття, виробництва продуктів та сервісів тощо.

3) Повсюдність подвійного переходу, зокрема особливий акцент на найбільш забруднюючих секторах економіки: сільське господарство, будівництво, енергетика, важка індустрія та енергоємні галузі, транспорт та мобільність.

Диджиталізація пропонує рішення, які можна застосовувати в різних секторах, а також демонструє значний трансформаційний потенціал цифрових технологій у коротко- та довгостроковій перспективі. Вивчення ефективних поєднань цифрових технологій із екологічними дає змогу зрозуміти інноваційні рішення. Ці сфери міжгалузевих інновацій визначають, яким чином цифрові та зелені технології забезпечують синергію майбутнього та висвітлюють шляхи для нових напрямків досліджень. Зелені цифрові рішення в тематичних дослідженнях стосуються різних типів взаємодії, вирішують різні етапи створення цінності та піднімають спектр соціальних, інституційних та етичних питань, що потребують політичної уваги.

Хоча зелені та цифрові рішення відіграють все важливішу роль у розвитку світової економіки, їх упровадження у тандемі подвійного переходу залежатиме від сукупності контекстуальних факторів.

Упродовж кількох років у ЄС проводилося масштабне дослідження передумов та можливостей втілення подвійного зеленого-цифрового переходу за участю більше 200 експертів з різних індустрій та залучення широкого кола зацікавлених сторін з наукових кіл, громадянського суспільства, державного управління та промисловості. За його результатами було оприлюднено низку форсайтів [104], що дозволяє систематизувати ключові фактори зеленого-цифрового переходу (рис. 3.1).

Економічні	Соціальні	Технологічні	Екологічні	Політичні
• Сприятливі ринки • довгострокові інвест. стимули для еко-цифрових рішень • Різноманітність учасників ринку • МСП • інноваційні стартапи • конкурентна екосистема • "Зелені" навички працівників • Експертність у впровадженні інновацій	• Справедливість переходу • зменшення цифрового розриву • інклюзія • суспільна прихильність • обізнаність • відкриті суспільні дебати • етичне використання диджитал	• інноваційна інфраструктура • надійна технологічна екосистема • сумісність технологій • узгодженість рішень • Доступ та безпека даних	• уникнення ефекту відскоку • зниження вуглецевого сліду цифрових технологій	• Впровадження стандартів • лоббі для низьких бар'єрів входу до еко-цифрових ринків • Узгодженість політик • довгострокова перспектива • уникнення надмірної складності • підтримка інвестицій в зелені-цифрові рішення • розблокування державних та приватних інвестицій у подвійний перехід

Рис. 3.1. Контекстуальні фактори подвійного зеленого-цифрового переходу світової економіки

Джерело: узагальнено на основі [104]

Визначення контекстуальних факторів важливе для успішного подвійного зеленого-цифрового переходу та досягнення кліматичної нейтральності економіки, оскільки вони дозволяють краще зрозуміти інтегровані соціальні, економічні та технологічні виміри, що впливають на можливість та ефективність таких ініціатив. Контекстуальні фактори, такі як законодавча підтримка, інфраструктурні можливості, культурні налаштування та ринкова архітектура, на практиці визначають те, як цифрові та екологічні інновації можуть бути впроваджені та сприйняті суспільством [196]. Також розуміння та аналіз контекстуальних факторів критично важливі для розробки ефективних стратегій, політик, та інтервенцій, що враховують специфіку середовища та здатні адаптуватися до змінних умов [74].

Прояв зазначених факторів зеленого-цифрового переходу може проявлятися у різних аспектах, як сприятливих, так і негативних.

Загалом, цифрові технології сприяють створенню нових можливостей для розвитку світової економіки. Згідно дослідження [184] подвійний зелений-цифровий перехід сприяє ефекту масштабу та може стимулювати формування нових перспективних ринків. Таке розширення у свою чергу може призвести до принципово нових можливостей для бізнесу. Оскільки зелені та цифрові технології стають все поширенішими, вони можуть призвести до ще більшої кількості інновацій. Очікувані зміни між секторами через подвійні переходи вказують на те, як економіка може адаптуватися. Очікується, що розумний енергетичний перехід економіки створить до 2,0 % додаткових робочих місць у секторі зеленої енергетики [362].

Однак, один з ключових бар'єрів – високі додаткові витрати на реалізацію подвійного переходу. Дослідження JRC [173] встановило, що сучасні підприємства схильні обирати старі зрозумілі для них методи, процедури та підходи до господарювання, у які вони вже інвестували. Вони неохоче сприймають трансформації зеленого переходу передусім через розуміння необхідності додаткового фінансування. Це створює певні блоки, що надають старим технологіям перевагу над новими екологічнішими рішеннями. Вихід із ситуації – забезпечення довгострокового потенціалу у контексті подвійних переходів.

Фінансування – визначальний фактор для реалізації зеленого-цифрового переходу для більшості країн світу. Велика частка з необхідних сьогодні цифрових технологій та рішень досягли «технологічної готовності», але для успіху потребуватимуть різних додаткових джерела фінансування та механізмів комплексної підтримки [127, 339]. Дослідження Європейської агенції з навколишнього середовища [106] зазначає, що наразі інвестиції спрямовуються у зелену та цифрову економіку, але багато капіталу все ще надходить у так звану «стару економіку». Частково це пов'язано з інвестиційними стимулами, які відповідають ринковим цінам, що не враховують довгострокові соціальні та екологічні витрати.

Вплив подвійних переходів на зайнятість та потреби у навичках також є центральним питанням. Зважаючи на те, що кожен економічний сектор зазнає різного впливу, багато нових технологій та методів вимагають навичок праці, що недоступні чи знаходяться на початковій стадії освоєння. За попередніми оцінками, у Європейському Союзі «зелений» перехід призведе до створення близько 884 тисяч робочих місць до 2030 року [175].

Хоча саме сучасна економіка є фокусом реалізації трансформаційних практик, важливо підтримувати соціальне сприйняття змін. Адже саме громадяни не тільки відчують наслідки зеленого-цифрового переходу, але мають стати акторами необхідних змін. Згідно поширеної наукової теорії Р. Вастенхагена, М. Волсінка та М. Баре [373] відсутність соціального сприйняття у будь-якому напрямку світових політик – вагома перешкода, адже воно є передумовою для подальших суспільних зобов'язань та змін у поведінці, чого безумовно потребує глобальний перехід на зелені-цифрові рішення. Таке соціальне прийняття охоплює три виміри, а саме: соціально-політичне, ринкове та суспільне визнання. Соціально-політичне визнання вказує, що громадяни та політики повинні бути переконані та мати бажання діяти. Ринкове прийняття означає готовність компаній, споживачів та інвесторів платити за них. Нарешті, схвалення спільноти – це схвалення місцевими громадами нових технологій та інновацій, що за переконаннями вказаних дослідників безпосередньо залежить від довіри до зовнішньої інформації.

Зважаючи на це, реалізація цифрового-зеленого переходу потребує моделей багатостороннього партнерства, залучення широкого кола зацікавлених стейкхолдерів та сприйняття справедливого розподілу витрат та вигод від спільного руху до кліматично-нейтральної економіки. Згідно масштабного дослідження WWF [374] така справедливість передбачає інклюзивність, коли переваги подвійних переходів доступні для всіх, незалежно від місця розташування, доходу, рівня освіти чи віку.

Ці міркування закладено у появу поняття «справедливий зелений-цифровий перехід», адже сприйняття справедливості та прозорості – важливий чинник соціального визнання. Справедливий перехід також охоплює етичні проблеми подвійного переходу, що охоплюють занепокоєння щодо використання штучного інтелекту, відсутність прозорості інформації в інтернеті, упередження в державному секторі тощо [282]. У цьому контексті позитивне прийняття суспільством цифрової технології – визначальний фактор.

Відтак, диджиталізація – своєрідний каталізатор зеленого переходу через її широкий функціонал, наскрізність більшості цифрових рішень та відносну простоту їх масштабування.

Ключові функції диджиталізації [362]:

1) Моніторинг та спостереження – надання і збір інформації у режимі реального часу.

2) Моделювання та прогнозування – розробка цифрових двійників, що імітують життєвий цикл продукту чи процесу на локальному, регіональному та навіть світовому рівнях.

3) Віртуалізація процесів виробництва та споживання – переведення економічної діяльності в Інтернет-простір, особливо якщо цифрові технології енергоефективні.

4) Автоматизоване управління системами – управління складними системами із закладеними параметрами оптимізації та цільовою функцією, що враховує аспект декарбонізації.

5) Інформаційно-комунікаційна підтримка – нові рівні взаємодії для переходу на зелені та цифрові технології.

6) Окреслений функціонал диджиталізації пропонує різно-манітні рішення, що сприяють загальному просуванню до кліматичної нейтральності світової економіки.

Відтак, диджиталізація дозволяє здійснювати якісний моніторинг викидів, стану екосистем, матеріальних потоків, враховуючи ідентифікацію можливих критичних відхилень. Поєднання цифрових технологій, таких як інтелектуальні та комунікаційні датчики, з аналітикою даних забезпечує розуміння стану навколишнього середовища практично в

режимі реального часу. Як показує дослідження [175] доступні та сумісні дані у поєднанні з цифровою інфраструктурою та рішеннями штучного інтелекту можуть сприяти прийняттю рішень на основі фактичних даних та розширювати можливості для вирішення проблем навколишнього середовища. Водночас, цифрове моделювання та прогнозування дозволяє отримати знання про весь життєвий цикл продуктів з метою визначення їх впливу на навколишнє середовище. Прогнозування сценаріїв розвитку подій дозволяє моделювати різні управлінські стратегії з урахуванням можливих наслідків для зміни клімату.

Потужний результат віртуалізації – формування цілої когорти більш зелених цифрових альтернатив продуктів чи виробничих процесів порівняно з фізичними аналогами. Цей функціонал диджиталізації втілює нові підходи до задоволення основних потреб у різних сегментах ринку. Такі цифрові альтернативи: електронні товари, відеоконференції, віртуальна реальність, метавсесвіти та цифрові прототипи. Технології розширеної реальності конвертують все більшу частку послуг, виробництва або споживання в Інтернет-простір, що стимулює обсяги електронної комерції у світі. Ці процеси значно впливають на поведінкові звички споживачів, стимулюючи їх адаптацію до нових рішень. Однак, окреслені можливості працюють у напрямку досягнення кліматичної нейтральності тільки за умов сталої диджиталізації, що, передусім, передбачає використання зелених енерго-ефективних практик для самих цифрових технологій.

Важливий функціонал диджиталізації полягає в інформаційно-комунікаційній підтримці зелених політик. Сучасні інформаційні та комунікаційні технології надають можливості для майже необмеженого збору та поширення інформації з потенціалом позитивного впливу на поведінку користувачів. У напрямку декарбонізації високу ефективність показали тематичні цифрові платформи, зелені комунікаційні компанії та просвітницькі проекти, розумне пакування, що містить інформацію про екологічний слід продукту [80].

З іншого боку, потужну роль для досягнення цілей декарбонізації відіграють комплексні рішення у напрямку диджиталізації, спрямовані на створення цифрових екосистем. Такі рішення можуть охоплювати широкі спектри цифрових технологій, зокрема інтернет речей, штучний інтелект, дрони, цифрові двійники тощо, що поєднуються у своїй взаємодії з автоматизованими системами управління. Це дозволяє створювати складні цифрово орієнтовані комплекси, працюючі на засадах екологізації: розумні міста та підприємства, зелені транспортні інфраструктури, моделі Індустрії 4.0. тощо. Так забезпечується цілісність та системність зеленого-цифрового переходу.

Міжнародна співпраця – також ключова передумова результативності зеленого-цифрового переходу та досягнення кліматичної нейтральності світової економіки. Однак, такий консолідований розвиток має враховувати також можливі непередбачені наслідки, що можуть спровокувати «ефект відскоку» в економіці. Ефекти відскоку передбачають не-навмисні чи несподівані наслідки нових рішень та техно-логій, що неочікувано призводять до зворотніх результатів [121].

У напрямку реалізації подвійного зеленого-цифрового переходу вони можуть бути такими (рис. 3.2).

За останнє десятиріччя у науковому дискурсі представлено різні оцінки ефекту відскоку економіки внаслідок упровадження практик зеленого-цифрового переходу, що замість очікуваного зниження викидів спровокували непередбачувані зростання викидів у різних секторах господарювання.

Так, у світовій енергетиці спостерігаються фрагментарні збільшення споживання енергії на тлі впровадження енерго-ефективних технологій. Як показало комплексне дослідження ЄС [50], упровадження енергоефективних приладів, особливо побутових, знижує витрати на електроенергію для користувачів. Однак, це дослідження показує, що 20-30% зекономленої енергії повертається у вигляді додаткового споживання.

Впровадження відновлюваних джерел енергії може знижувати вартість енергії для промисловості на 10-15% та стимулювати збільшення виробництва на 5-10%, що зазвичай призводить до додаткових викидів.

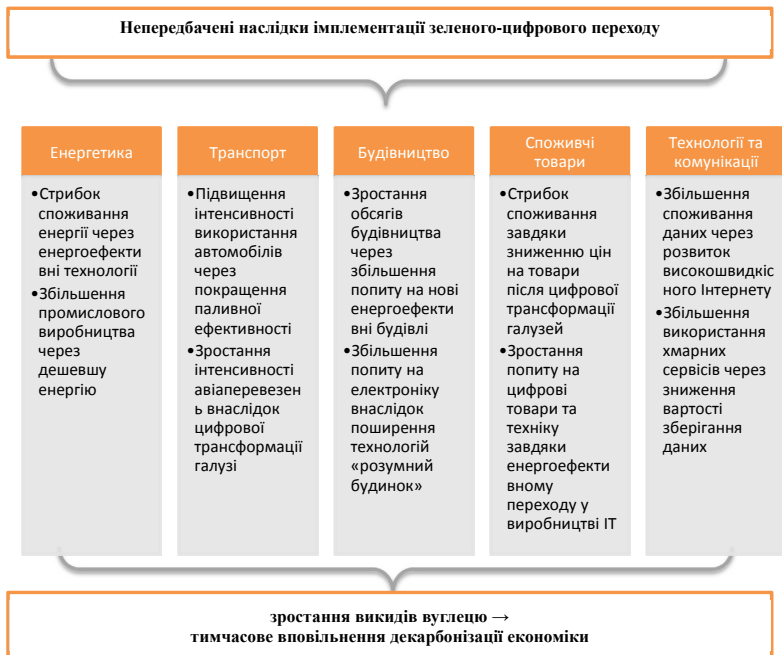


Рис. 3.2. Можливі напрямки «ефектів відскоку» в світовій економіці внаслідок неочікуваних проявів зеленого-цифрового переходу

Джерело: Сформовано авторами на основі аналізу праць [70, 285, 323, 193]

У транспортній сфері спостерігається зростання інтенсивності використання транспортних засобів внаслідок зростання паливної ефективності та цифрової трансформації транспортних мереж. Використання електромобілів та автомобілів із високою паливною ефективністю у підсумку стимулює збільшення пробігу та інтенсивності їх використання

на 10-20%, що частково нейтралізує початкову економію [167]. Ситуація проявляється особливо яскраво у сфері авіаперевезень. Як показало дослідження [182] цифрова трансформація авіа-індустрії за останні роки, зокрема в частині електронної комерції продажу квитків, дозволила знизити витрати на польоти на 15-20%, що призвело до збільшення попиту на такий тип подорожі, зростання відповідної кількості польотів на 5-10% і, відповідно, стрибок викидів CO₂.

У будівництві ефект відскоку проявляється на тлі зростання викидів від збільшення масштабів будівельних робіт приватних компаній, що провокується стрімким попитом на енергоефективні будівлі та технології «розумного будинку», особливо у споживачів високо-розвинених країн світу. Так, впровадження енергоефективних стандартів у будівництві знижує витрати на опалення та охолодження на 25-30%, що призводить до зростання попиту на нові будівлі на 10-15%, збільшуючи використання будівельних матеріалів та енергії для їх виробництва [33]. З іншого боку, розумні будинки, що автоматизують управління енергією, можуть знижувати витрати на електроенергію на 20%. Це може стимулювати користувачів упроваджувати більше електричних пристроїв, збільшуючи загальне енергоспоживання на 5-10% [130].

Ефект відскоку також проявляється внаслідок збільшення попиту на певні категорії споживчих товарів, особливо у секторі цифрових технологій. Це у свою чергу стимулює їх додаткове виробництво, яке часто реалізується за старими практиками, не встигаючи за темпами зеленої трансформації. Впровадження енергоефективних технологій у виробництві електроніки може знижувати витрати на їх виробництво на 15-20%, роблячи пристрої більш доступними та стимулюючи зростання попиту на 10-15% [25].

Водночас І. Розенбаум висуває теорію, що зростання попиту на зелені продукти може призвести до сплеску виробництва так званих «коричневих» вуглецево-інтенсивних

продуктів на початковому етапі реформ, що також може спричинити макроекономічний ефект відскоку та загальмувати загальний рух до кліматичної нейтральності [283].

Варто зазначити, що прояв ефекту відскоку спостерігається також у середовищі цифрової трансформації на тлі зростання ІКТ. Так, упровадження високошвидкісного Інтернету може знижувати вартість передачі даних на 20-30%, стимулюючи користувачів використовувати більше інтернет-сервісів та збільшувати енергоспоживання центрів обробки даних щонайменше на 10-20% [359]. З іншого боку, впровадження енергоефективних технологій у центрах обробки даних може знижувати витрати на зберігання та обробку даних на 20-25%, стимулюючи користувачів зберігати більше даних та використовувати більше хмарних сервісів, що також може призвести до збільшення енергоспоживання [290]. Впровадження ефективніших обчислювальних технологій може знижувати вартість використання AI на 20-30%, стимулюючи ширше застосування AI та збільшуючи загальне енергоспоживання до 25% [318].

Загалом, ефект відскоку у певних межах неминучий та може значно зменшити очікувані вигоди від енергоефективних і екологічних заходів. Ці напрямки необхідно враховувати при розробці стратегій для користувачів та виробників, а також на рівні світової економіки та широкого суспільного дискурсу, інакше існує ризик звести практично нанівець економію викидів у одній сфері зі збільшенням викидів у іншій.

Враховуючи окреслену проблематику, диджиталізація може сприяти зниженню проявів ефекту відскоку. Однак, як зазначає звіт [83] її позитивний вплив проявляється передусім у інформаційно-комунікаційній площині через підвищення обізнаності громадян щодо кліматично орієнтованих паттернів сталого споживання та доступних зелених альтернатив для продуктів і сервісів.

Хоча обидва переходи трансформують світову економіку, вони відрізняються за своєю природою та динамікою. Зелений

перехід обумовлений необхідністю швидкого досягнення цілей кліматичної нейтральності та стійкості. Це не станеться саме по собі та потребує політичного і суспільного поштовху. Навпаки, цифровий перехід – безперервний процес технологічних змін, одним із головних рушійних сил яких є приватний сектор. Тому керування та підтримка важливі для того, аби цифровий перехід став потужним інструментом для досягнення чесного та справедливого екологічного переходу.

У багатьох сферах зелений та цифровий переходи можуть посилювати один одного, але вони не обов'язково завжди узгоджуються. Цифрові технології можуть стати ключовими факторами досягнення цілей Європейської зеленої угоди. Наприклад, на міста припадає приблизно 75 % глобальних викидів CO₂ [360]. Розвиток розумних міст – можливе рішення для зменшення цих викидів. Зокрема, рішення, засновані на інформаційно-комунікаційних технологіях, можуть сприяти скороченню кількості поїздок на роботу на 15-20 % та відповідному зниженню вуглецевого сліду транспортної системи [225]. У той же час є сфери, де два переходи можуть перешкоджати один одному. Наприклад, розширення цифрової інфраструктури потрібно буде підтримувати відповідно до цілей зеленого переходу, зокрема щодо споживання енергії та екологічного впливу.

Загалом, застосування інтегрованого підходу до вирішення проблем, пов'язаних із імплементацією подвійного зеленого-цифрового переходу економіки, видається перспективнішим та менш ризикованим шляхом порівняно з їх окремим впровадження. Зелений та цифровий переходи вже відбуваються паралельно, проте їх гармонізація може забезпечити суспільству максимальну вигоду від синергії, що дозволить швидше досягати цілей кліматичної нейтральності. Враховуючи значний масштаб трансформацій, необхідно глибоко дослідити можливі результати такої взаємодії для різних індустрій. Стале та кліматично нейтральне майбутнє світового господарства буде визначатися тим, наскільки

успішно міжнародному співтовариству вдасться здійснити зелений-цифровий перехід на засадах ефективного та гармонійного поєднання.

3.2. Досвід зеленого-цифрового переходу окремих галузей економіки: переосмислення форсайту ЄС

Подвійний зелений-цифровий перехід сприяє досягненню кліматичної нейтральності світової економіки, що у свою чергу потребує забезпечення максимальної повсюдності поширення кращих практик диджиталізації та екологізації серед усіх суб'єктів господарювання.

Утім, вуглецевий слід різних галузей значно варіюється у загальній сукупності викидів світової економіки (рис. 3.3).



Рис. 3.3. Структура викидів ЄС та загальносвітових за галузями економіки

Джерело: побудовано на основі статистики [131]

Наведена діаграма репрезентує структуру вуглецевого сліду світової економіки у розрізі окремих галузей. Енергетика –

найбільше джерело викидів вуглецю у ЄС (38%) та у світі (30%), що підкреслює значення цієї галузі в екологічній політиці та необхідність зменшення залежності від вуглецевих джерел енергії. Транспортна галузь – також значний контрибутор викидів на глобальному рівні (27,5%), дещо менший в економіці ЄС (20,7%). Більший розрив спостерігається у будівельній галузі (17 % у світі та 8,9% у структурі викидів ЄС). Важливий аспект – виокремлення обсягу викидів, отриманих внаслідок спалювання енергії, від вуглецю, що генерується безпосередньо під час виробництва. Такий підхід дозволяє оцінювати процес декарбонізації важких індустрій з точки зору двох вимірів: декарбонізація конкретних виробничих процесів (лиття металу, виробництво цементу чи хімікатів); зниження енергоємності виробництва. Отже, під час спалювання енергії утворюється практично вдвічі більше викидів порівняно з безпосереднім виробництвом. Водночас, окремий пункт – виробництво палива, як такого, що нині складає 5,4 % вуглецевого сліду світової економіки та 6,6% у ЄС. Найменша частка викидів припадає на сільське господарство (0,4%) та утилізацію відходів (0,22% у світі та 0,04% у ЄС).

Попри різний характер внеску галузей в загальну сукупність викидів, є необхідність комплексного підходу до зниження викидів, що охоплює різні сектори економіки та передбачає заходи з підвищення енергоефективності, інноваційного розвитку та управління відходами.

Досвід країн ЄС – один з показових у розробці стратегій та впровадженні практик зеленого-цифрового переходу.

Деякі з ініціатив узагальнено у таблиці за окремими галузями економіки (Таблиця 3.2).

Зазначені проєкти передбачають гармонійне поєднання трендів зеленого розвитку та можливості диджиталізації задля прямого чи опосередкованого зниження викидів та досягнення кліматичної нейтральності у майбутньому.

Таблиця 3.2

**Приклади деяких ініціатив
зеленого-цифрового переходу в країнах ЄС**

Галузь	Назва ініціативи/ проєкту	Вплив на кліматичну нейтральність	Фокус
1	2	3	4
Енергетика	«Energiewende» Впровадження смарт-мереж та відновлюваних джерел енергії для оптимізації споживання енергії. (Німеччина)	Зменшення викидів CO ₂ через використання відновлюваних джерел енергії	Державне управління, великий бізнес
	«Smart Grid Gotland» Розвиток смарт-мереж для інтеграції відновлюваних джерел енергії. (Швеція)	Підвищення ефективності використання енергії та зниження викидів парникових газів.	Державне управління, великий бізнес, громадяни
Транспорт	«Smart City Amsterdam» Впровадження смарт-технологій для управління міськими ресурсами, включаючи транспорт. (Нідерланди)	Скорочення викидів CO ₂ через оптимізацію транспортних потоків та розвиток громадського транспорту.	Державне управління, великий бізнес, громадяни
	«Electric Mobility» Розвиток інфраструктури для електромобілів та впровадження AI для управління зарядними станціями. (Франція)	Зниження викидів CO ₂ через перехід на електромобілі та ефективне управління енергоспоживанням.	
Будівництво	«Superbonus 110%» Фінансування енергоефективних проєктів у будівлях з використанням цифрових технологій. (Італія)	Підвищення енергоефективності будівель та зниження викидів парникових газів.	Державне управління, громадяни
	«Smart Buildings» Впровадження смарт-технологій для управління енергією у будівлях. (Фінляндія)		Великий бізнес, громадяни

Продовження табл. 3.2

1	2	3	4
Сільське господарство	«Digital Farming» Використання AI та IoT для оптимізації аграрних процесів та зменшення впливу на довкілля. (Данія)	Зниження викидів парникових газів через оптимізацію використання добрив та води.	Великий бізнес, малий бізнес (SME), фермери
	«Smart Agriculture» Використання великих даних для управління сільськогосподарськими процесами. (Іспанія)	Підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва та зменшення викидів парникових газів.	
	«AgroSmart» Використання цифрових технологій для підвищення ефективності та сталості сільського господарства. (Польща)	Підвищення врожайності та зниження екологічного впливу через точне землеробство.	

Джерело: узагальнено на основі дослідження цифрових платформ [67, 93]

Водночас, реалізація подвійного зеленого-цифрового переходу має певні особливості та виклики у різних галузях економіки, їх доречно розглянути окремо.

Енергетична галузь.

Як зазначалося вище, енергетичний сектор продукує найбільше викидів вуглецю в структурі вуглецевого сліду економіки ЄС та світу. Зростання доступності та відносне зниження вартості технологій відновлюваної енергії в останнє десятиріччя висунуло енергетичний сектор до авангарду кліматичних політик. Також дослідження показують, що першочергове та постійне скорочення викидів у цьому секторі – економічно найефективніший шлях до кліматичної нейтральності [346].

Відносне падіння цін на різні види енергії наведено нижче (рис. 3.4).

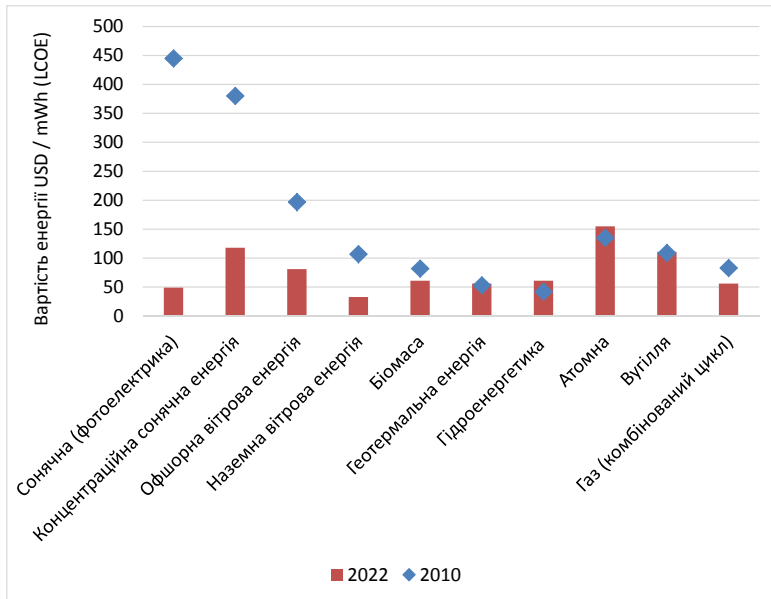


Рис. 3.4. Динаміка падіння вартості енергії LCOE (за видами)

Джерело: побудовано авторами на основі звіту [165]

Отже, відбулося стрімке падіння вартості виробництва альтернативної енергії. Всього за одне десятиліття вартість сонячної енергії знизилася на 89%, вітрової енергії – на 69%, біомаси – на 25%. Фактично, ціна на електроенергію (LCOE), яку потрібно стягувати, аби вийти на беззбитковість з новою середньою вугільною електростанцією, набагато вища ніж та, яку виробник може запропонувати своїм клієнтам при будівництві вітрової чи сонячної електростанції.

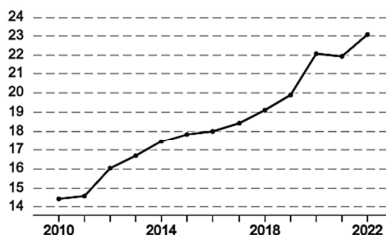
Таке зниження вартості альтернативної енергетики – потужний важіль зеленого переходу світового енергетичного ринку.

Нині енергетична галузь економіки ЄС демонструє 2 позитивні тенденції у напрямку досягнення кліматичної

нейтральності – збільшення частки використання відновлювальної енергії на тлі скорочення споживання первинної (рис. 3.5).

Всього | % від валового кінцевого
споживання енергії

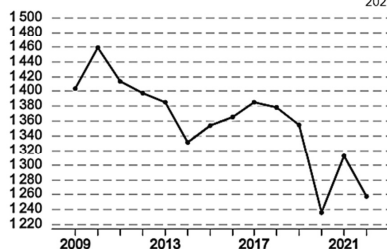
ЄС
23.0%
2022



а) Відновлювальна енергетика

Мільйон тонн нафтового
еквіваленту

ЄС
1 403,3 млн н.е.
2022



б) Споживання первинної енергії

Рис. 3.5. Динаміка енергетичного сектору ЄС

Джерело: ec.europa.eu/eurostat

Військова агресія росії проти України прискорила зміну парадигми енергетичної галузі ЄС у бік більшої енергетичної незалежності та захисту критичної енергетичної інфраструктури.

У цих умовах важливими акцентами зеленого-цифрового переходу енергетики з урахуванням задач досягнення «чистого нуля» викидів є [104, 88, 62]:

- безпечне енергопостачання та захист цифрової енергетичної системи від кібератак та можливих збоїв ІТ-систем, що мають критичне значення для стабільної діяльності енергетичного сектору;

- зменшення потреби в імпорті викопного палива на тлі зростання цін на енергоносії, що вимагає економії енергії та підвищення енергоефективності. Зазначимо, що у короткостроковій перспективі існує потреба отримати газ від інших постачальників та збільшити обсяги його зберігання;

- потреба прискорити трансформацію енергії в бік відновлюваних та чистих джерел для зменшення енергетичної залежності.

Брифінг низки міжнародних агенцій ЄС показав, що заходи з відновлюваної енергетики та енергоефективності можуть зменшити залежність Європейського Союзу від імпорту російського газу на дві третини до 2025 року через збільшення зусиль щодо впровадження пакету «Fit for 55» [19]. У цих умовах трансформація енергетичного сектору прискорюється. Централізоване виробництво електроенергії, де кілька великих електростанцій виробляли енергію, нині замінюється децентралізованішими системами з більшою кількістю дрібних генераторів. У той же час електрифікація та виробництво вуглецево-нейтрального палива збільшує попит на електроенергію. За думкою науковців, для компенсації поступового виведення з експлуатації електростанцій, що працюють на викопному паливі, потрібно швидке нарощування потужностей з виробництва електроенергії з відновлюваних джерел [320]. Нарешті, системи електроенергії стають дедалі “розумнішими” завдяки розгортанню цифрових технологій, що допомагають полегшити балансування попиту та пропозиції.

Втім, досягнення цілі щодо кліматичної нейтральності до 2050 року створює проблеми для енергетичного сектору. Як показало дослідження, зацікавлені сторони інвестували в централізовану, негнучку інфраструктуру на основі викопного палива, яку доведеться поступово згортати до кінця терміну служби, що може призвести до втрати активів на суму до 7 мільярдів євро [166]. Крім того, наразі вуглецевоінтенсивні види діяльності, такі як опалення та транспорт, потребують більшої електрифікації, що передбачає істотні зміни у виробничих процесах та інфраструктурі. Прогнозується, що паливо з нульовим вмістом вуглецю, таке як водень, має замінити викопне паливо там, де електрифікація неможлива [100].

Окреслена проблематика формує нове коло викликів, у подоланні яких важливу роль відіграє диджиталізація, а

кліматично нейтральне виробництво електроенергії стає основою зеленого переходу.

Один з них – управління попитом на електроенергію. Нині ЄС активно впроваджує цифрові інструменти для його моделювання, паралельно використовуючи моделі гейміфікації та метаверси для коригування поведінки та звичок споживачів при споживанні енергії [161]. Щодо джерел, то вітрова та сонячна енергія залишаються економічно найефективнішим способом виробництва альтернативної електроенергії, що обумовлює експоненційне зростання обсягів їх споживання та попиту.

Цю тенденцію характеризує динаміка структури світових інвестицій у відновлювальну енергетику (рис. 3.6).

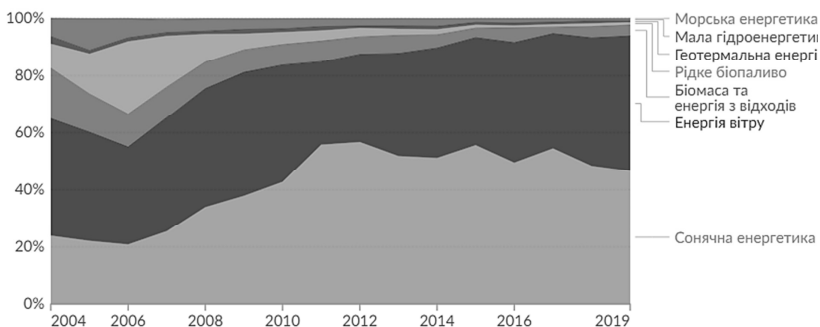


Рис. 3.6. Динаміка структури світових інвестицій у відновлювальну енергетику (без коригування на рівень глобальної інфляції)

Джерело: статистична платформа [120]

Лева частина світових інвестицій охоплює сонячну та вітрову енергію, вони за останні 15 років сформували потужний пул світового енергетичного ринку. Водночас, важливий напрямок зеленого-цифрового переходу енергетики – розробка водневих технологій, у першу чергу в напрямку заміни традиційного палива. Перспективність водневого палива особливо проявляється за умов його виробництва з

надлишком відновлюваної енергії. Такий «зелений водень» можна використовувати у багатьох сферах, включаючи авіацію, міжміські автомобільні перевезення, опалення житлових будинків та промисловість [254]. Розвиток Водневого Банку ЄС – один із векторів підтримки такої ініціативи.

Зміцнення та модернізація енергосистеми та розгортання рішень для накопичення енергії стають важливим фактором, що сприяє енергетичному переходу. Водночас, диджиталізація – ключовий інструмент для розвитку самоорганізованих енергомереж, що мають вирішальне значення для роботи з децентралізованою та змінною структурою виробництва електроенергії в ЄС [346, 26]. Такі створені самоорганізовані мікромережі є невеликими енергосистемами, які можна з'єднувати між собою при необхідності взаємопосилення. Їх використання особливо перспективне, адже за прогнозами аналітиків до 2050 року навантаження на електромережі зросте удвічі, зокрема через зарядку електротранспорту [161]. З точки зору безпеки такі системи у перспективі дозволять відносно легко попереджувати відключення та відновлювати постачання електроенергії внаслідок руйнувань інфраструктури, спричиненої екстримальними наслідками зміни клімату [там само]. Водночас, цей важливий напрям енергетичного переходу можливий виключно за умов повсюдної диджиталізації, що спирається на широку інтеграцію ІКТ та у перспективі – технології блокчейну [26].

Також самоорганізовані сітки мікромереж – драйвер розвитку локальних енергоринків ЄС за рахунок зниження домінування великих гравців та ширшого залучення домогосподарств як постачальників надлишку енергії на засадах ринкової конкуренції [100]. Відтак, мікромережі видаються досить перспективним зростаючим ринком, що може призвести до збільшення кількості малих та середніх локальних гравців у енергетичному секторі. Очікується, що світовий ринок мікромереж у 2030 році становитиме 55-190 мільярдів євро [5].

На тлі вищевикреслених тенденцій з'являється нова інноваційна цифрово орієнтована бізнес-модель Energy-as-a-Service (EaaS), що змінює спосіб взаємодії постачальників та споживачів енергії. Наразі постачальники енергії пропонують кінцевим споживачам електроенергію, паливо та тепло. EaaS – це інший підхід, коли постачальник енергетичних послуг пропонує кінцевим споживачам нові способи енергетичних рішень, що передбачають не певний вид енергії, а радше – «енергетичний продукт під ключ» [5]. Прояви бізнес-моделі EaaS – широкий спектр рішень, включаючи енерго-ефективність, забезпечення відновлюваною енергією та рішення для стабілізації електромереж. Основна перевага EaaS для кінцевих користувачів полягає в тому, що ця модель зменшує потребу в початкових інвестиціях та спрощує постачання енергії.

Така модель особливо актуальна, адже попит на енергоринку ЄС стає вибагливішим та складнішим, оскільки включає широкий спектр різних технологій, що мають гармонійно працювати разом, забезпечуючи при цьому зниження викидів: виробництво електроенергії, накопичення енергії, оптимізація енергоефективності. EaaS пропонує можливість максимізувати ефективність кінцевого використання енергії, оскільки сервісні компанії можуть накопичувати досвід, що дозволить їм впроваджувати ефективніші рішення [99].

«Енергія як послуга» – це зростаючий сегмент енерго-ринку з очікуваним сукупним річним темпом зростання 7,6 % до 2030 та ринковою капіталізацією 113 мільярдів євро, що може сприяти створенню робочих місць та збільшенню рівня інноваційності [100]. Також EaaS може зменшити енергетичну бідність в країнах за рахунок оптимізації цін на енергетичні послуги та заохочення найбільш енерго- та економічно- ефективних постачальників [236]. Однак, впровадження EaaS передбачає більшу прозорість у аспектах обміну даними між споживачами мереж та постачальниками стосовно використання енергії, що потребуватиме додаткових протоколів цифрової безпеки.

Загалом, досягнення кліматичної нейтральності за рахунок реалізації зеленого-цифрового переходу в енергетичній галузі потребуватиме узгоджених політик щодо переорієнтації енергетичної системи ЄС на кліматично орієнтований розвиток, посилення нормативної бази щодо регулювання викидів, підтримки виходу на енергоринок нових гравців, подолання можливого опору суспільства щодо переходу на нові моделі енергоспоживання та попередження можливого ефекту відскоку.

Транспортна галузь.

Динаміка вуглецевого сліду транспортної галузі – формотворча для розуміння трендів руху транспортної системи до кліматичної нейтральності, вона передусім передбачає значне скорочення викидів вуглецю, у перспективі до рівня «чистого нуля» (рис. 3.7).

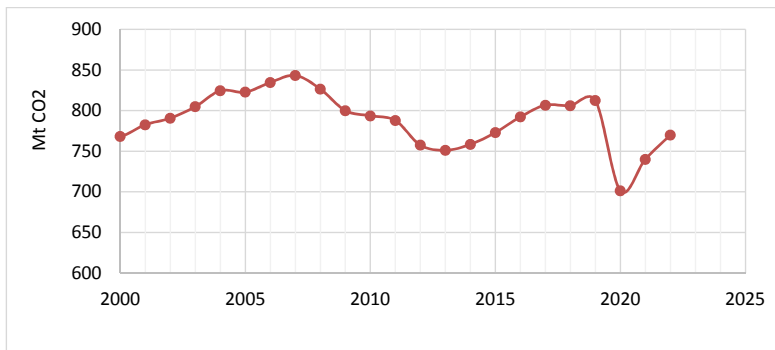


Рис. 3.7. – Динаміка викидів вуглецю транспортним сектором економіки Європейського Союзу

Джерело: побудовано на основі відкритої статистики Eurostat

Отже, після падіння викидів на тлі світової пандемічної кризи, генерація вуглецю за останні роки стрімко повернулася до попереднього зростаючого тренду.

Зелений-цифровий перехід транспортної галузі характеризується низкою тенденцій, що безпосередньо залежать від впровадження цифрових технологій та рішень.

• По-перше, у розумінні кліматично-нейтрального розвитку транспортної системи важливу роль відіграє перехід до мультимодальності шляхом поєднання різних видів транспорту «в одній поїздки» [151]. Це дозволяє краще відслідковувати вуглецевий слід подорожей та системно розуміти попит.

• По-друге, інший тренд – електромобільність має потенціал для зменшення викидів та скорочення залежності транспорту від нафти. Електроенергія вже широко використовується для автомобілів та потягів, проте водний та повітряний транспорт мають у цьому напрямку обмеження, пов'язані з тривалим терміном служби існуючого парку та технічними обмеженнями можливого діапазону відстаней.

• По-третє, війна росії проти України створює ризики для ланцюгів поставок у виробництві автомобілів. Автомобільний сектор Європи постраждав від короточасного дефіциту поставок через зупинку виробництва супровідних електротоварів в Україні. Санкції проти Росії також впливають на можливість роботи на російських виробничих майданчиках постачальників та виробників автомобілів. Дефіцит сировини для сталевих продукції з росії, України та білорусі – ще один виклик для глобальної індустрії мобільності та транспорту [103].

• По-четверте, зростання цін на енергоносії підвищує витрати на постачання продукції енергоємного виробництва, через що витрати на виробничі процеси транспортних засобів зростають. Рекордно високі витрати на паливо можуть стати рушійною силою зміни моделей мобільності та скорочення подорожей [161].

• По-п'яте, перегляд ідеології права власності на транспортні засоби в ЄС у бік спільної власності. Тенденції у транспортному секторі вказують на фундаментальні зміни у технологіях та поведінці користувачів, зокрема щодо розуміння перспектив переходу від безпосереднього володіння транспортним засобом до використання його як спільної послуги [151].

Зелений перехід транспортної системи потребує системного зменшення його загального впливу на навколишнє середовище та розбудови адекватної транспортної і цифрової інфраструктури для підтримки високої якості послуг. В ЄС цьому процесу сприяє персоналізація транспорту, коли більша частка рішень мікромобільності робить можливою персоналізацію транспорту (наприклад, велосипеди та скутери напрокат) [100]. А ще акцент на циркулярність змушує зацікавлені сторони у транспортному секторі змінювати свої бізнес-моделі для адаптації життєвих циклів продукту, переконфігурації ланцюжків створення вартості та перегляду використання кінцевого продукту [1].

Транспортний сектор стикається з особливими проблемами у контексті зеленого переходу. З одного боку, вкрай важливо гарантувати достатній доступ до чистої електроенергії, а з іншого – зміцнювати електромережі для транспортування цієї електроенергії. Доступність відновлюваних джерел енергії також ключова для зменшення викидів вуглецю від виробництва акумуляторів. Зокрема, потрібні рішення для зберігання достатньої кількості енергії для важких видів транспорту на великі відстані. Також необхідна відповідна щільна мережа зарядки та дозаправки. Уже зараз у Європі понад 70% пасажирських перевезень здійснюються автомобілями, а 75% усіх вантажів доставляються автомо-більним вантажним транспортом. За оцінками, до 2050 року кількість пасажирських перевезень зросте на 42 %, а вантажних – на 60 % [380]. Нарешті, створення ціннісної пропозиції та стимулів вирішальні. Для цього необхідно глибше розуміти потреби користувачів та як їх заохотити до змін. Цілеспрямовані підходи до міської політики та планування – центрові у цьому контексті. У тому ж ключі головне завдання полягає в тому, аби зробити транспортні системи кліматично сталими через удосконалення технологій та підходів до управління, необхідних для «зеленого» переходу, та залучення громадян до розгортання інноваційних рішень мобільності.

Європейський Союз закладає амбітні цілі зеленої трансформації та декарбонізації транспортного сектору, що спирається на широке впровадження цифрових рішень.

- По-перше, моніторинг та трекінг транспортних засобів. Цей напрям об'єднує широкий функціонал відслідковування усіх засобів мобільності.

- По-друге, моделювання, прогнозування та інструменти віртуалізації, що дозволяють підтримувати та прискорювати проектування мобільних активів упродовж максимального терміну служби, беручи до уваги проблеми впливу на навколишнє середовище.

- По-третє, розробка зручних та зрозумілих для користувача технологій, що має вирішальне значення при виборі користувачами низьковуглецевих рішень у транспортному секторі та подальшому бажанні здобувати такий досвід.

- По-четверте, підтримка інноваційних рішень у сфері зеленого-цифрового переходу.

Наприклад, варіанти декарбонізації автомобільного транспорту нині охоплюють повсюдну електрифікацію та потребують інноваційних розробок у галузі водневої енергії [174]. Механізми оптимізації використання енергії в дорожніх транспортних засобах – важлива умова для збільшення їх радіусу дії [1]. З іншого боку, швидкий мобільний Інтернет та універсальне підключення у поєднанні з покращеним управлінням дорожнім рухом сприяють оптимізації циркуляції трафіку. У залізничному транспорті ЄС впроваджуються нові концепції з оптимізації інфраструктури, як от концепт потягу у трубі чи так званої «гіперпетлі», що суттєво збільшує швидкість потягів [174]. У авіації ведуться інноваційні розробки щодо зміни двигуна на технології з нульовим викидом вуглецю, що може кардинально змінити ситуацію в авіап перевезеннях. Приклад – гібридні електричні літаки для малих відстаней та літаки з водневими двигунами для триваліших перельотів. У водному транспорті електричні двигуни та паливо з нульовим вмістом вуглецю можуть забезпечити екологічний перехід.

Перехід від викопного палива до акумуляторів, водню чи аміаку – перспективні варіанти декарбонізації водного транспорту. Крім того, диджиталізація має високий потенціал для оптимізації роботи та управління рухом на водному транспорті.

Зазначимо, що реалізація зазначених напрямків на практиці сприятиме зменшенню вуглецевого сліду подорожей. У цьому контекст важливо зазначити сервісно-орієнтовані моделі мобільності, такі як Mobility-as-a-Service [151], що можуть значно збільшити зручність переходу на транспортні засоби з низьким вуглецевим слідом. Водночас, в ЄС з'являються нові форми мікромобільності, що сприяють форсованій декарбонізації. Концепція мікромобільності полягає у відмові від «класичного авто» для перевезень на коротші відстані. При цьому необхідність зменшення впливу на навколишнє середовище на системному рівні залишається вирішальною при розгортанні нових рішень мобільності.

Зазначимо, що у цілому Мобільність як послуга (MaaS) – це цифрово орієнтована концепція, за допомогою якої деяка цифрова платформа надає інтегровані варіанти подорожей у реальному часі.

Рішення охоплює як пасажирські, так і вантажні перевезення, та має такі безумовні переваги в контексті розвитку кліматично-нейтральної економіки [151, 1]:

1) Користувачі можуть приймати рішення на основі точної інформації у режимі реального часу про час подорожі, її вартість, вплив на навколишнє середовище.

2) MaaS заохочує конкуренцію між виробниками не тільки за ціновим критерієм, але й за критерієм сталості та екологічного впливу. Відтак, дозволяє користувачам отримати найкращу пропозицію та оплатити всю подорож через єдину платіжну систему.

3) MaaS відкриває найбільше можливостей для організації пасажирської мобільності, проте її ефективність залежить від включення багатьох варіантів мобільності,

таких як мікромобільність, громадський транспорт, таксі, спільні транспортні засоби тощо. Отже, передумова успішної реалізації MaaS – інтеграція концепції у різні транспортні сектори на рівні міст. Важливо, щоб громадський транспорт, у тому числі залізничний сектор, становив надійну основу рішень MaaS.

Зазначимо, що концепція MaaS не може впроваджуватися відокремлено від розвитку розумної транспортної системи. Вона потребує консолідації зусиль державних органів та громадськості і розуміння широкого кола технологій у сферах Інтернету речей, безпеки даних, штучного інтелекту тощо.

Фактично, «мобільність як послуга» пропонує альтернативний варіант класичній практиці володіння приватним автотранспортом, що спрямовано на ефективнішу, надійну та екологічно чисту транспортну екосистему. У контексті подвійного зеленого-цифрового переходу MaaS має потенціал для того, аби зробити мобільність доступнішою, інклюзивною та сталою. Проте для цього принципово важливо використовувати автопарки транспортних засобів із низьким вуглецевим слідом та сприяти подібним рішенням низьковуглецевого громадського транспорту. Таким чином MaaS призводить до оптимізації мобільності, передусім через ресурсоефективність транспортних активів (інфраструктури та транспортних засобів), ефективність транспортної системи, загальне скорочення часу очікування і заторів та зменшення викидів і забруднення.

Виклики в реалізації концепції MaaS – розгортання системи як на рівні міста, так і для сільської місцевості, залучення до системи виключно низьковуглецевого транспорту та забезпечення співпраці між усіма постачальниками послуг мобільності і розвиток державно-приватного партнерства [174].

Ефективне впровадження мобільності як послуги може зменшити використання приватних автомобілів. За оцінками, пасажирські та вантажні перевезення значно зростуть до 2050 року, що ускладнить досягнення європейських кліматичних

та екологічних цілей [104]. МaaS може мати значний вплив на зелений перехід, скоротивши використання автомобілів та переорієнтувавши транспорт на екологічніші засоби. Якби МaaS повністю замінив використання індивідуального приватного автомобіля, викиди CO₂ могли би зменшитися більше ніж на 50 % [100]. Постачальники МaaS можуть бути державними, приватними чи державно-приватними партнерствами. МaaS також може створити нові бізнес-моделі з установами, що є новими для сектору транспорту та мобільності. Очікується, що розмір ринку МaaS у Європі значно зросте до 210 мільярдів євро до 2025 року, а глобальні доходи від використання платформ МaaS перевищать 48 мільярдів євро до 2027 року [200].

Інша концепція диджиталізації, що сприяє розвитку кліматично-нейтральної економіки – цифрові двійники (Digital Twin). Це віртуальні аналоги реальної системи, окремого об'єкту чи процесу, які відтворюють практично усі ключові аспекти, що відбуваються в реальному світі [173]. Фактично, це своєрідна технологія відображення віртуального та фізичного світу на основі даних у реальному часі, що дозволяє використовувати штучний інтелект для оптимізації та прогнозування ситуацій у реальному світі. Для сектору мобільності та транспорту цифрові двійники полегшують підключення транспортних засобів до відповідних послуг та призводять до значного скорочення періоду розробки екосистемних рішень.

Викликом у повсюдному впровадженні цифрових близнюків є те, що ця концепція покладається на багато нових цифрових технологій, таких як Інтернет речей та штучний інтелект. Цифровим близнюкам потрібна швидка мережева інфраструктура для надсилання інформації у реальному часі від фізичних об'єктів до їхніх цифрових аналогів та навпаки [26]. Швидкий мобільний Інтернет також потрібен для роботи з дедалі більшою кількістю пристроїв. Також диджиталізація реального світу вимагає динамічної інфраструктурної інформації, що створює

великі обсяги даних. Управління цим експоненціальним зростанням даних вимагає потужних обчислювальних потужностей. Незважаючи на це, цифрові близнюки постійно вдосконалюються та надають усе краще розуміння того, як можна оптимізувати продукти та процеси.

Нині можна виділити щонайменше 5 принципів реалізації цифрового-зеленого переходу транспортного сектору [104, 100, 200]:

Інтеграція технологій. Використання широкого спектру цифрових технологій, таких як Інтернет речей (IoT), великі дані, автономні транспортні засоби, електронні квитки та системи оплати, дозволяє забезпечити ефективне управління транспортними потоками, оптимізувати маршрути та зменшити затори. Це сприяє зниженню викидів парникових газів та підвищенню ефективності використання ресурсів.

Безпека та надійність. Впровадження технологій, що підвищують безпеку на дорогах, як інтелектуальні транспортні системи та віртуальна реальність для навчання водіїв, знижує кількість аварій та покращує загальний рівень безпеки. Це також має позитивний вплив на зменшення витрат палива та викидів.

Сталий розвиток. Використання електромобілів та інфраструктури для їх зарядки, а також дронів для доставки, дозволяє значно знизити викиди CO₂ та зменшити залежність від викопного палива. Хмарні обчислення та 5G забезпечують ефективну обробку даних та підвищують ефективність роботи транспортних систем.

Підвищення ефективності та зручності. Використання мобільних додатків для спільних поїздок, інтелектуальних паркувальних систем, блокчейну для логістики та інших інноваційних рішень сприяє зменшенню кількості транспортних засобів на дорогах, зниженню витрат палива та підвищенню загальної зручності для користувачів.

Екологічна відповідальність та кліматична сталість. Усі вказані технології спрямовані на зменшення екологічного

вплив транспортного сектору. Принципи сталої диджиталізації та зеленої трансформації повинні бути враховані при розробці політик та стратегій повоєнного відновлення, що сприятиме досягненню кліматичної нейтральності.

У перспективі важливо передбачити просування концепції поступового переходу від приватного володіння до спільного використання, що пропонує альтернативні низьковуглецеві транспортні засоби, допомагаючи зменшити загальний вплив на навколишнє середовище з точки зору життєвого циклу. Проте, у транспортному секторі проблема зелених націнок залишається однією з найгостріших [127]. Водночас, як і в інших секторах, фінансові та інші стимули відіграватимуть важливу роль у спонуканні людей та підприємств до змін у напрямку вибору стратегій та прийняття рішень на користь кліматичної сталості і екологічних переваг.

Сільське господарство.

На сільськогосподарський сектор припадає до 10 % викидів парникових газів Європейського Союзу, з них більше 90 % сформовано викидами метану та оксиду азоту. Стале сільське господарство – один із ключових напрямків для цілей Європейської зеленої угоди, зокрема з огляду на те, що земельні ресурси є природними поглиначами вуглецю [95, 96]. Сільськогосподарський сектор формує до 4,7 % ВВП Європейського Союзу, залучаючи приблизно 8 % робочої сили [104]. Сільське господарство також є сировинним джерелом біомаси, що використовується для виробництва електроенергії.

Агресивна війна росії проти України впливає на ціни сільськогосподарської продукції та продовольчу безпеку в усьому світі, адже росія, білорусь та Україна традиційно розглядались як одні з ключових виробників сільськогосподарської продукції, зокрема пшениці, кукурудзи та насіння олійних культур. Відповідно до звіту Єврокомісії, обмеження в експорті цих товарів ставить під сумнів продовольчу безпеку країн, що залежать від відповідного

аграрного імпорту [103]. Зазначимо, що ЄС самозабезпечує себе більшістю сільськогосподарських товарів, але глобальна продовольства криза чинить тиск на виробництво продовольства в ЄС, а регуляторні пропозиції Європейської Комісії щодо зеленого переходу та декарбонізації стають все жорсткішими [108].

Глобальне потепління – найвпливовіша довгострокова тенденція, що впливає на аграрний сектор світової економіки. Зміна клімату чинить безпрецедентний тиск на природні екосистеми, впливаючи на доступність води, виробництво їжі та джерела біомаси [191]. Водночас, екосистемно орієнтоване землекористування та лісове господарство наразі усувають приблизно 7% щорічних викидів парникових газів Європейського Союзу, однак зміни клімату негативно впливають на більшість поглиначів вуглецю, що мають важливе значення для його природнього вилучення [270]. Зважаючи на це, роль сільськогосподарської галузі у досягненні кліматичної нейтральності світової економіки надзвичайно вагома не тільки у контексті декарбонізації аграрного виробництва, але і як єдиного сектору, діяльність якого сприяє природньому вилученню частки парникових газів. Можемо припустити, що з розвитком розумного сільського господарства, аграрні сектори окремих країн зможуть досягнути чистих нульових викидів значно раніше.

Темпи розвитку розумного сільського господарства набирають обертів (рис. 3.8).

За останні 5 років усі регіони світу продемонстрували досить вагомий стрибок у впровадженні практик розумного сільського господарства, однак частка на ринку залишається різною. Нині Північна Америка домінує на ринку розумного сільського господарства, генеруючи 45% від глобального доходу у секторі. Такі результати обумовлюються всезростаючими урядовими ініціативами та сприятливими керівними принципами для розширення сільськогосподарського сектору. Також деякі гравці ринку

співпрацюють із державними установами для впровадження концепції розумного сільського господарства. Уряди США та Канади також приділяють особливу увагу наданні субсидій та податкових пільг для розвитку та впровадження цифрових технологій в аграрній сфері.

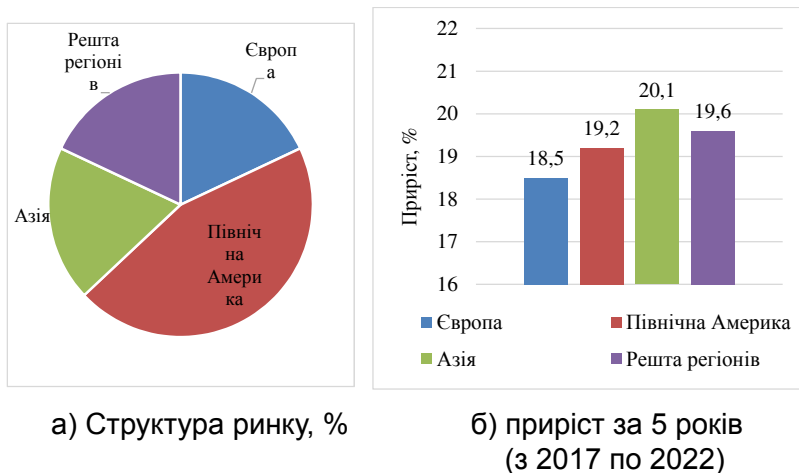


Рис. 3.8. Розвиток розумного сільського господарства у світі

Джерело: побудовано на основі статистики [140]

Водночас, Азійсько-Тихоокеанський регіон забезпечує найвищі темпи зростання ринку розумного сільського господарства за п'ятирічний період (20,1 %), що також обумовлене розвитком урядових ініціатив, зелених політик та активним залученням міжнародної фінансової підтримки до еко-цифрових проєктів. Такі країни, як Сінгапур, Японія та Індія докладають досить системних зусиль для зростання ринку розумного сільського господарства в регіоні на засадах екологічності та сталості.

Диджиталізація відіграє провідну роль у розвитку розумного сільського господарства та забезпеченні конвергентного руху галузі до кліматичної нейтральності [191].

Динаміка зростання цього ринку дуже перспективна (рис. 3.9).

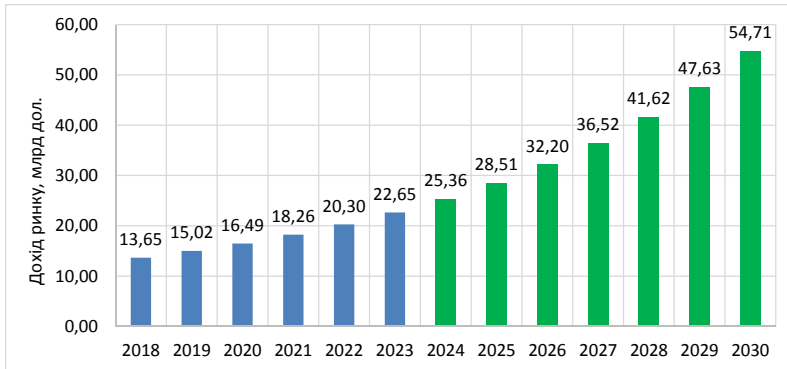


Рис. 3.9. Прогноз динаміки розумного сільського господарства у світі

Джерело: побудовано на основі статистики [140]

У 2023 році обсяг світового ринку розумного сільського господарства оцінювався в 22,65 млрд доларів США та, як очікується, зростатиме зі середньорічним темпом зростання 13,7% у період з 2024 по 2030 рік. Можливості диджиталізації для кліматичної нейтральності аграрної сфери передусім проявляються у забезпеченні комплексного моніторингу, управління системами та розгортанні систем розумного фермерства. Цифрові рішення сприяють збору інформації про важливі процеси у напрямку збереження біорізноманіття, розвитку циркулярної біоекономіки, оптимальнішому застосуванню кормів, води, енергії, добрив та пестицидів. Крім того, сучасні сільськогосподарські технології дозволяють покращити управління врожаєм, водою та худобою.

Зазначимо, що біологічна промисловість дозволяє замінити викопні ресурси відновлюваними, наприклад, при виробництві пластмас, ефірних олій, клеїв чи мила [12]. Також у процесах біоконверсії другого покоління використовується

біомаса, яка не може бути використана для харчових продуктів та кормів, що не загострює продовольчу проблему [126].

Переробка харчових продуктів та управління ланцюгом постачання також відіграють значну роль у скороченні викидів парникових газів у аграрному секторі шляхом переходу сировини з тваринного походження на альтернативні білки. Такий перехід також вимагає фундаментальної зміни поведінки з точки зору харчових звичок, що потребуватиме подолання багатьох соціально-культурних паттернів [97]. Також для уникнення харчових відходів, потрібні нові стійкі рішення для пакування, зберігання та розповсюдження продуктів [187]. Цифрові технології можуть призвести до покращень у цих сферах, зокрема завдяки цифровому відстеженню.

Загалом, системи моніторингу навколишнього середовища – це перспективний сектор, що розвивається з великою кількістю спеціалізованих гравців ринку. Моніторинг забруднення повітря формує 54% пропозиції на ринку екологічного моніторингу, він за прогнозами зросте удвічі до 40 млрд дол. у 2030 році [221]. Зазначимо, що цифрові системи моніторингу навколишнього середовища також можна використовувати для фіксації доказів та формування зеленої звітності корпорацій.

Інший важливий напрямок на шляху до кліматичної нейтральності аграрної галузі, що активно підтримується в ЄС, – розумне фермерство. Цей вектор передбачає використання практик Індустрії 4.0 в управлінні сучасними аграрними підприємствами та кластерами. Розумне фермерство охоплює потенціал автоматизації та диджиталізації сільськогосподарських процесів та зв'язків у ланцюжках постачання і створення вартості [383]. Його мета – досягнення сталого розвитку, підвищення кліматичної стійкості та ефективності використання ресурсів.

Однак, найбільшою складністю подвійного переходу в аграрній сфері є те, що цифрові системи мають постійно розвиватися для забезпечення автоматизації ключових

процесів у досить різноманітному природному середовищі. Водночас, спостерігаються складнощі технічного характеру, пов'язані з підключенням до мереж Інтернет у віддалених сільських районах, цифровим розривом у навичках тощо. Водночас, самі цифрові девайси також мають бути біологічно перероблюваними або, принаймні, не шкодити навколишньому середовищу, якщо вони будуть втрачені в процесі сільськогосподарських робіт [219].

Сучасний тренд диджиталізації «Сільське господарство як послуга» (Agriculture as a Service, AaaS або Farming-as-a-Service, FaaS) – досить ефективний механізм вирішення вказаних проблем [274, 100, 173]. Така концепція поєднує технології, цифрові рішення та традиційне сільське господарство для надання аграрним підприємствам і фермерам доступ до різних ресурсів, інструментів та послуг за моделлю «як послуга». Модель орієнтована на підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва через використання передових технологій без необхідності значних капіталовкладень від фермерів. Цей напрям розширює можливості для аграрних підприємств щодо збуту продукції та пошуку нових партнерств, однак, AaaS потребує подолання цифрового розриву та ґрунтового перенавчання, що може стати проблемою для дрібних фермерів. Ця проблема висвітлена у дослідженнях С. Хакворта [143] та К. Дункана [77], які розкривають «ефект стрибка», що спостерігається на тлі диджиталізації та зміни ринкової ідентифікації фермерів, коли рольова модель бізнесу може швидко перейти від локального фермера до інтегрованого постачальника продуктів харчування або навіть біопродуктів для інших індустрій.

Відтак, впровадження цифрових технологій у моделі сталого сільського господарства зазвичай сприяє зростанню продуктивності, кращому використанню ресурсів та дотриманню екологічних й харчових норм. Хоча повністю оцифровані ферми поки що переважно обмежені пілотними проєктами, їхній вплив та значення невпинно зростають.

Важливі фактори цифрового-зеленого переходу сільського господарства у напрямку кліматичної нейтральності – довіра до цифрових рішень з боку фермерів; підвищення цифрових навичок; розвиток цифрової інфраструктури для розгортання екологічно-цифрових рішень; врегулювання питань з правом власності в ситуації спільного користування землею та даними, а також енергоефективність та безпечність цифрових технологій у сільському господарстві.

Промисловість.

Сучасна промисловість має не тільки великий вплив на навколишнє середовище, але й відіграє вирішальне значення для розвитку економіки та суспільства. Загалом промисловий сектор формує понад 20 % ВВП Європейського Союзу, в ньому працює близько 35 мільйонів людей [89]. Переробні галузі промисловості – особливо енергоємні та значно залежать від викопного палива, що призводить до значних викидів парникових газів. Близько 70 % глобальних викидів вуглекислого газу генерують 4 сектори сучасної промисловості [161]: виробництво сталі; виробництво цементу; виробництво хімікатів та целюлозно-паперове виробництво. Зазначимо, що перші 3 вже підпадають під новий механізм вуглецевого коригування імпорту СВМ.

Російська військова агресія проти України загрожує енергоємним галузям виробництва, оскільки вони здебільшого покладаються на викопне паливо як важливу сировину для генерації енергії. Зростання цін на енергоносії відповідно збільшує собівартість виробництва в енергоємних галузях. В умовах гострого дефіциту газу уряди країн ЄС можуть вживати надзвичайних заходів для прийняття рішення щодо його пріоритетного розподілу, які втім не завжди ефективні та призводять до простоїв [304].

Хоча питання впровадження низьковуглецевих практик надзвичайно важливе у контексті зазначеної проблематики, воно найскладніше саме у сфері промислового виробництва. Одне з рішень – водневі технології, що тривалий час залишалися

нерентабельними порівняно з традиційними варіантами енергопостачання промислових підприємств. Проте, потроєння цін на природний газ у період з березня 2021 по 2022 роки стимулювало розгляд виробництва водню серед низки конкурентних рішень. Зокрема, створення Водневого Банку – потужна адресація ЄС на підтримку інноваційних та технологічних розробок у сфері водневих технологій. Виробництво зеленого водню розглядається нині як довгостроковий варіант декарбонізації енергоємних галузей, хоча його широке постачання вимагає суттєвого нарощування виробничих потужностей та значного збільшення виділених ресурсів для виробництва відновлюваної електроенергії [165]. Варто зазначити, що без урахування імперативів кліматичної нейтральності та належної екологізації зазначених процесів, таке масштабування може призвести до ефекту відскоку.

За останні 10 років європейська промисловість переживає значний зсув від виробництва до надання послуг у цілісних пакетах продуктів та сервісів, поступово ліквідуючи межу між вторинним та третинним секторами на тлі зростання технологічної інтенсивності [102]. Загострення дефіциту ресурсів сприймається як тенденція, що може чинити тиск на енергоємні галузі через їх сильну залежність від енергії, джерелом якої поки що переважно є викопне паливо. Цей дефіцит частково перекриває поява цифрових технологій, що пропонують ефективні альтернативні рішення, як наприклад 3D-друк. За думкою А. Хедберга та С. Сіпки така тенденція стимулює перехід гравців сучасної промисловості від покупки продуктів до покупки послуг [150].

Варто зазначити, що промисловість відіграє ключову роль у досягненні кліматичних цілей Європейського Союзу. Однак, форсайт ЄС акцентує увагу на тому, що значна частина скорочення викидів парникових газів на 15-30% у енергоємних секторах промисловості за останні 30 років була досягнута завдяки підвищенню енергоефективності, а не трансформації виробничих моделей [100]. Водночас зазначається, що подальші

заходи щодо підвищення ефективності матимуть обмежений ефект, і галузь потребуватиме проривних технологій. Тож роль диджиталізації стає дедалі важливішою та набуває комплекснішого та всеосяжного характеру, що відображається у динаміці приросту розумного виробництва у світі (рис. 3.10).

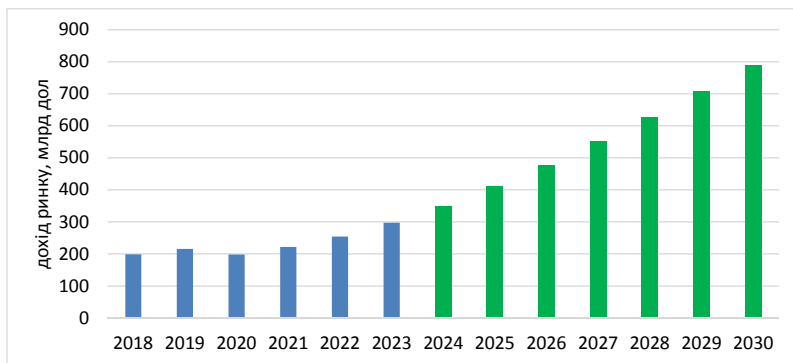


Рис. 3.10. Прогноз динаміки розумного виробництва у світі

Джерело: побудовано на основі статистики [140]

У 2022 році світовий ринок розумного виробництва оцінювався в 254,24 мільярда доларів США і, як очікується, зростатиме на 14,9% з 2023 по 2030 рік. Ринок розширюється швидше завдяки таким факторам, як зростання впровадження Індустрії 4.0, більша участь уряду в підтримці промислової автоматизації, посилення уваги до диджиталізації виробництва, зростання попиту на програмні системи, що заощаджують час та витрати, ускладнення ланцюгів поставок та посилення уваги до дотримання нормативних вимог [140, 150].

Розвиток таких потужних напрямків, як Індустрія 4.0., кібер-фізичні системи та штучний інтелект фактично призвели до політики, що стимулює інтеграцію виробництва, інформаційні технології та технологічні інновації в ЄС та світі. Як і в транспортній сфері, у промисловому подвійному переході важливу роль відіграють цифрові двійники промислових

об'єктів, що допомагають ідентифікувати оптимальний екологічний варіант розвитку виробничих систем за допомогою моделювання та прогнозування [209].

Розмірковуючи над досяжністю кліматичної нейтральності, перспективним напрямком зеленого-цифрового переходу промисловості видається оптимізація матеріалів на основі даних, що допомагає вдосконалювати існуючі матеріали та процеси, розробляти нові покоління матеріалів. Цей підхід базується на інтеграції штучного інтелекту для аналітики великих даних, машинному навчанні та розробці цифрових двійників [272]. Матеріали відіграють важливу роль, коли мова йде про зелений перехід, оскільки очікується суттєве зростання попиту на вуглецевоємні матеріали (передусім, для виробництва цементу, сталі, добрив та алюмінію) значно зросте на 10-30% до 2060 року порівняно [160]. Відповідні інновації можуть зменшити потреби у виробництві матеріалів із інтенсивним вмістом вуглецю через надання екологічніших альтернатив та продовження терміну служби матеріалів. Коротші інноваційні цикли могли б прискорити такий перехід [312].

Також використання цифрових технологій у процесах оптимізації матеріалів має низку переваг. Дослідження колективу американських науковців показало, що розробка нових матеріалів традиційними методами може займати до 20-30 років, що значно уповільнює технологічні інновації та їх упровадження у промисловість [312]. Такий лаг може виявитися критичним з огляду на терміновість впровадження нових екологічних виробничих практик задля досягнення кліматичної нейтральності до 2050 року. Диджиталізація може посприяти скороченню часу, необхідного для розробки нових матеріалів та допомогти керувати складністю процесів оптимізації, закладаючи у розрахунок екологічні критерії [там само]. Цей сегмент світового ринку становив 88 мільйонів євро у 2021 році та, як очікується, зросте до 749 мільйонів євро до 2030 року [133]. Однак, така перспектива залежить від наявності добре освічених спеціалістів, можливості передачі

досвіду та міжгалузевого трансферу технологій, особливо у складних сферах біотехнологій чи аерокосмічної галузі.

Інший важливий напрямок подвійного переходу у промисловості – відстеження матеріалів для впровадження економіки замкнутого циклу. У промисловому секторі концепція циркулярної економіки стосується закриття циклів матеріальних потоків шляхом повторного використання матеріалів наприкінці життєвого циклу продукту [238]. Цифрові технології необхідні для точного, прозорого та безпечного відстеження матеріалів у реальному часі. Нині ЄС розробляє рішення для такого відстеження на основі технології блокчейну та Інтернету речей. Саме Інтернет речей може полегшити збір даних для підвищення точності та видимості потоків матеріалів і продуктів. Нарешті, цифрові паспорти продукту надають інформацію про повний ланцюжок створення вартості продукту і так підвищують прозорість, що допомагає споживачам робити екологічніший вибір та полегшує переробку. Цифрові паспорти продуктів також можуть використовуватися органами влади для перевірки відповідності зеленим стандартам [239].

На користь такого підходу свідчить статистика. Сучасне глобальне суспільство потребує понад 100 мільярдів тонн сировини на рік і цей показник продовжує зростати, особливо в економічно найрозвиненіших країнах [372]. Цифрове відстеження матеріалів може створити значні переваги: подовження терміну служби продуктів, покращене поводження з відходами, підвищення рівня збору брухту, що закінчив термін служби, краще розділення потоків матеріалів для переробки. Ці впливи можуть суттєво зменшити споживання первинної сировини та пом'якшити зростання споживання ресурсів.

Довгострокові результати дослідження [235] показують, що практики циркулярної економіки сприяють зменшенню викидів CO₂, але у короткостроковій перспективі результат може бути протилежним та сприяти певному ефекту відскоку.

Однак, це залежить від галузі. Дослідження канадських науковців [23] підтверджує, що стратегії циркулярної економіки у сталеливарній промисловості можуть скоротити викиди парникових газів на 55% по всьому ланцюгу створення вартості. Так, у виробництві сталі вже сьогодні використовують брухт замість первинної сталі. Але оскільки кількість сталевих брухтів обмежена, первинне виробництво сталі має перетворитися на екологічне. Цифрові технології можуть допомогти оптимізувати процес виробництва вторинної сталі, забезпечуючи високу якість. Технології виробництва сталі на основі водню найперспективніші для первинного виробництва сталі та можуть допомогти декарбонізувати сталеливарний сектор [253]. У виробництві цементу способи скорочення викидів парникових газів включають заміну клінкера добавками з меншим вмістом вуглецю або уловлювання викидів CO₂, яких неможливо уникнути під час виробництва клінкера [140]. У виробництві хімічних речовин також доступні різноманітні технології для зменшення впливу на навколишнє середовище, хоча їх технологічна готовність залишається [100]. До них належать електрифікація тепла, використання водню чи біомаси замість викопної сировини, застосування уловлювання та зберігання вуглецю, переробка хімічних речовин.

Хоча цифрове відстеження матеріалів має великий потенціал, деякі з цифрових технологій мають великий вплив на навколишнє середовище. За умов використання традиційних джерел енергії, її слід компенсувати у майбутньому для попередження ефекту відскоку. Водночас, дискусійним питанням залишається забезпечення конкурентоспроможності вторинних матеріалів, адже їх екологічна переробка може мати більшу «зелену націнку» порівняно з вартістю первинної сировини. Інша проблема – забезпечення безпеки передачі даних та їх конфіденційності при відстеженні матеріалів.

Загалом, подвійних перехід промисловості у напрямку забезпечення її кліматичної нейтральності – складний

виклик. Він потребує значної підтримки дослідницької та інноваційної діяльності у цій сфері щодо: впровадження практик циркулярності; розвитку нормативного забезпечення та протоколів інформаційної безпеки для повсюдного моніторингу руху матеріалів; кращого розуміння моделей споживання; чіткого цілепокладання та публічно-приватного партнерства.

3.3. Гармонізація зеленого-цифрового переходу світової економіки з позицій кліматичної нейтральності та інноваційності

Подвійний зелений-цифровий перехід передбачає узгоджене впровадження цифрових та зелених технологій у широкому дискурсі досягнення сталості в промислових, соціальних та економічних системах. Ці обидва потужні мейнстріми взаємодоповнюються задля досягнення спільних цілей, таких як зменшення викидів парникових газів, підвищення енергоефективності та впровадження інноваційних технологій.

Однак, як показав попередній аналіз, такий подвійний перехід потребує певної гармонізації у напрямку досягнення глобальної кліматичної нейтральності світової економіки з огляду на виявлені дизраптори (рис. 3.11).

Зазначені чинники негативно впливають на ефективність зеленого-цифрового переходу на шляху забезпечення кліматичної нейтральності світової економіки. Незадовільний рівень цифрової інфраструктури може стати серйозною перешкодою для цифрового переходу, особливо у регіонах із поганим покриттям інтернету та низькою якістю зв'язку [70]. Водночас, наявність цифрового розриву між різними соціальними групами та регіонами може призвести до соціальної несправедливості, що ускладнить перехід до сталого розвитку. З іншого боку, хоча цифрові технології мають значний потенціал для підтримки зеленого розвитку, вони також створюють значне енергетичне навантаження,

що може суперечити принципам декарбонізації, особливо стосовно використання AI, блокчейну тощо [83].



Рис. 3.11. Дизраптори, що спричиняють дисгармонію цифрового-зеленого переходу світової економіки

Джерело: складено авторами

Критично важливий дизраптор – невизначеність політик, неналежне регулювання та відсутність конкретних стратегічних цілей щодо досягнення кліматичної нейтральності з урахуванням ролі диджиталізації у цьому процесі. Відсутність чітких політичних напрямків та регулювань щодо зелено-цифрового переходу може створити невизначеність для бізнесів та інвесторів, уповільнюючи процес переходу [269]. Також недостатня інтеграція між різними технологічними платформами та відсутність співпраці між підприємствами можуть уповільнити інновації та впровадження зелених рішень [80].

Отже, гармонізація зеленого-цифрового переходу передбачає у першу чергу посилення узгодженості між зеленим та

цифровим мейнстрімами задля забезпечення їх кращої синергії у напрямку досягнення повсюдного зниження викидів і забезпечення кліматично-нейтрального розвитку світової економіки.

З цією метою пропонується така трирівнева модель гармонізації цифрового-зеленого переходу у напрямку забезпечення кліматичної нейтральності світової економіки (рис. 3.12).



Рис. 3.12. Трирівнева модель гармонізації зеленого-цифрового переходу світової економіки у напрямку забезпечення кліматичної нейтральності

Джерело: сформовано авторами

Перший вимір гармонізації зеленого-цифрового переходу спрямовано на формування міжнародного консенсусу стосовно візії кліматичної нейтральності світової економіки та бачення прогресивної ролі диджиталізації у цьому процесі.

Цей вимір передбачає кілька принципово важливих складників (рис. 3.13).

Ключова умова – узгодження візії, цінностей та цілей досягнення кліматичної нейтральності світової економіки у контексті цифрової ери та сталого розвитку. Гармонізація

подвійного переходу у напрямку кліматичної нейтральності світової економіки потребує конвергенції між усіма ключовими міжнародними акторами для забезпечення «нульових» викидів. З іншого боку, важливий аспект такої конвергенції – використання синергії диджиталізації, як драйвера прискорення екологічно стійкого, соціально справедливого та економічно відповідального розвитку. Це потребує переосмислення мети диджиталізації через розробку спільних бачень, цінностей та оновлених цілей для зеленого переходу в епоху цифрових технологій.



Рис. 3.13. Аспекти досягнення міжнародного консенсусу на шляху до кліматично-нейтральної економіки

Джерело: сформовано авторами на основі [104, 121, 142, 173, 209]

Відтак, мета глобальної диджиталізації у контексті кліматично нейтральної економіки має полягати у створенні стійкої та інноваційної інфраструктури, що сприяє мінімізації викидів парникових газів та ефективному використанню

ресурсів. Це включає розвиток цифрових технологій, що дозволяють автоматизувати та оптимізувати виробничі процеси, підвищувати енергоефективність, забезпечувати прозорість і контроль над ланцюгами постачання, підтримувати прийняття рішень на основі даних, що веде до зменшення екологічного впливу. Основною метою має бути забезпечення сталого економічного зростання за рахунок інтеграції екологічних та цифрових рішень, що гармонізують економічний розвиток із цілями кліматичного управління.

Реалізація цієї мети вимагає формування міцних коаліцій між державними та приватними організаціями, включаючи академічні кола і представників громадянського суспільства, що об'єднуються в реалізації подвійного зеленого-цифрового переходу та розуміють важливість забезпечення тим самим кліматичної нейтральності.

Гармонізація зеленого-цифрового переходу передбачає, що локальне та глобальне усвідомлення екологічних і соціальних цінностей має бути систематично інтегровано суб'єктами, що займають провідні позиції у сфері існуючих та нових цифрових технологій, інновацій і управлінських структур. Водночас, зобов'язання щодо зеленого розвитку та багатосторонні кліматичні домовленості мають періодично переглядатися з точки зору їх виконання крізь призму диджиталізації. У цьому контексті важливо налагодити стратегічний діалог та взаємне навчання між представниками проактивних спільнот у сфері зеленого та цифрового переходу. Така взаємодія – невід'ємний елемент забезпечення єдності бачень та поглядів, що може слугувати інструментом для подолання системних перепон у розвитку кліматично-нейтральної економіки. Цей інтегрований підхід має бути впроваджений та підтриманий на національному і міжнародному рівнях через політичні програми, наукові дослідження, освітні ініціативи, розвиток технологій та громадські акції. Адже у перспективі, подвійний зелений-цифровий перехід передбачає трансформацію звичайних

бізнес-практик та позбавлення ізольованого мислення щодо досягнення кліматичної нейтральності.

З іншого боку, окрема увага у гармонізації зеленого-цифрового переходу економіки має приділятися повсюдній диджиталізації та забезпеченню її сталості. Цифрові еко-системи даних, аналітики та додатків не обмежуються національними кордонами. Також глобалізація сприяє ситуації, коли декілька корпорацій можуть володіти ІТ ресурсами та інноваціями, що перевищують можливості національних урядів. Відтак, для створення міцних цифрових інноваційних екосистем потрібно сприяти культурі відкритої співпраці, колективної взаємодії та тристороннього партнерства між урядами, приватним сектором і громадянським суспільством. У цих умовах формується своєрідна багатосторонність диджиталізації, що разом із спільним формуванням політики має визначати, впроваджувати та застосовувати міжнародні стандарти і гарантії для створення глобальної, інклюзивної та сталої цифрової екосистеми.

Багатосторонні партнерства надзвичайно важливі для стимулювання інновацій, вирішення глобальних викликів та спільного використання ресурсів планети [295]. Однак, виникає питання, чи такі «коаліції» достатньо ефективні для керування темпами та напрямками диджиталізації у забезпеченні кліматичної нейтральності світової економіки. Загалом, інклюзивні, орієнтовані на спільну місію, партнерства між урядами, академічними колами, приватним сектором та організаціями громадянського суспільства необхідні для стимулювання інвестицій в екосистеми цифрових інновацій та інфраструктуру, що відповідають потребам подвійного зеленого-цифрового переходу. Такі партнерства формують досить потужні майданчики для розробки кращих управлінських стандартів та практик, дослідження гнучких підходів до управління, що можуть бути засновані на адаптивному, передбачувальному та інноваційному регулюванні.

Водночас, необхідність розвитку цифрових компетенцій критична для подвійного переходу, адже цифровий розрив

безпосередньо впливає на траєкторію диджиталізації та розкриття усіх її можливостей для задоволення потреб зеленої трансформації. Дослідження показують, що нині багатьом суб'єктам господарювання бракує важливих цифрових компетенцій, необхідних для ефективної каталізації переходу до кліматично-нейтральної економіки [72, 242]. З одного боку, державний сектор та політичні лідери повинні розуміти можливості та ризики цифрової трансформації у напрямку підтримки декарбонізації, нарощуючи власні цифрові можливості для ефективного регулювання, стимулювання та впровадження сталих політик. З іншого боку, бізнес, програмісти та інженери апаратного і програмного забезпечення також повинні розуміти, як їх продукти та послуги впливають на зелений розвиток та досягнення кліматичної нейтральності, особливо в аспектах декарбонізації, дематеріалізації, детоксикації та циркулярності. Отже, гармонізація подвійного переходу на міжнародному та національному рівнях потребує впровадження навчальних програми та професійного навчання, орієнтованого на кейси сталої диджиталізації для розвитку відповідних компетенцій.

Гармонізація зеленого-цифрового переходу економіки на глобальному рівні передбачає спільний розвиток наукової думки та підтримку R&D у цій сфері. У своїй книзі О. Еспіноза та Дж. Уолкер [85] наголошують, що одним з вагомих викликів сучасної науки є розуміння внутрішньої складності та компромісів, це стосується досягнення планетарної стійкості, що охоплює складність та динаміку процесів на Землі, економічних і соціальних систем. Важливе значення має розуміння, як різні зворотні зв'язки впливають на поведінку систем, посилюючи або модифікуючи її. У цих умовах потрібен цілісний підхід системного мислення. Науково обґрунтоване розуміння того, як цифрові технології можуть змінити ключові економічні, соціальні та екологічні системи – невід'ємна частина нового соціального контракту цифрової ери.

Незважаючи на досить широкий дискурс міжнародних домовленостей та угод у сфері зміни клімату, є значний

пробіл у нормативних та етичних рамках зеленого-цифрового переходу та цілепокладання у напрямку кліматичної нейтральності світової економіки. Це передусім стосується розробки стандартів, які б керували напрямком диджиталізації з урахуванням соціальної стійкості та кліматичної нейтральності. Важливо розробити глобальні стандарти та директиви для кліматично-нейтрального виробництва і застосування цифрових технологій, засновані на конкретних, вимірюваних, досяжних та часово обмежених показниках. Також критично важливо встановити глобальну стандартну методологію для оцінки та вимірювання власного впливу цифрових технологій на зміну клімату. Ці зусилля повинні включати управління даними, що стають новим фактором виробництва, поряд із землею, працею та капіталом та сприяти розробці політик, що підтримують цифрову трансформацію відповідно до цілей зеленого переходу.

Наступний рівень моделі гармонізації – подолання основних розривів та нерівностей цифрового-зеленого переходу, що вповільнюють декарбонізацію світової економіки (рис. 3.14).



Рис. 3.14. Ключові розриви зеленого-цифрового переходу

Джерело: сформовано авторами

Показані розриви вимагають особливої уваги для досягнення кліматичної нейтральності світової економіки. Перший з них – цифровий розрив, що вказує на нерівний горизонтальний доступ до цифрових технологій серед різних регіонів та, водночас, неоднакову доступність використання ІКТ по вертикалі різних соціальних груп. Це питання важливе для забезпечення справедливого розподілу переваг зеленої трансформації. За останні 20 років цифровий розрив у світі у цілому значно зменшився до 38,4%, однак його розмах значно варіюється залежно від рівня економічного розвитку країн [15].

Інший вагомий розрив обумовлено наявним дисонансом у правах та зобов'язаннях, він відображає невідповідність між тим, що вимагається від країн, компаній та громадян у контексті екологічних ініціатив, а з іншого боку – наявними ресурсами та можливостями. Цей розрив часто веде до конфліктів інтересів та затримок у реалізації зелених політик.

Нерівномірне споживання енергоресурсів підкреслює географічні та економічні диспропорції у використанні енергії, що може перешкоджати універсальному впровадженню зелених технологій, зокрема таких, як відновлювані джерела енергії. Інформаційні викривлення стосуються спотвореної чи недостатньої інформації про екологічні виклики та можливості, що знижує ефективність ухвалення рішень, як на рівні споживачів, так і на рівні політик.

Важливий аспект глобальної нерівності у рамках досягнення кліматичної нейтральності світової економіки – спроможність до споживання товарів та послуг із «зеленими націнками». Це вказує на економічну здатність населення нести вищі витрати, пов'язані з зеленими продуктами та технологіями. Розрив у цьому питанні спостерігається не тільки між окремими країнами з різним рівнем економічного розвитку, але й між різними соціальними групами, що порушує інклюзивність цифрового-зеленого переходу і, як наслідок, його результативність у досягненні «нульових» викидів світової економіки. Водночас, технологічний розрив

відображає відставання в розвитку та адаптації новітніх технологій, особливо у країнах, що розвиваються. Це затримує глобальний прогрес у цифровій та зеленій трансформаціях. Наведені висновки наочно відображають індекси зеленого та цифрового розвитку, розглянуті у Розділі 2 нашої монографії.

Загалом, розриви у динаміці зниження викидів у різних країнах та індустріях провокують певний дисбаланс адаптації та мітигації, що відображає неоднаковий розподіл зусиль та ресурсів між заходами, спрямованими на пом'якшення наслідків зміни клімату та адаптацію до них. Відсутність збалансованого підходу може призводити до недостатньої підготовки до проявів наслідків зміни клімату у майбутньому.

Вищенаведені міркування наштовхують на необхідність забезпечення сталої диджиталізації як аспекту гармонізації зеленого-цифрового переходу світової економіки та мінімізації критичних розривів.

Стала диджиталізація має на меті пом'якшення негативних екологічних та соціальних впливів цифрових технологій. Ці впливи охоплюють значне споживання енергії та матеріалів, що обумовлює збільшення вуглецевого сліду цифрових технологій та соціальні виклики, пов'язані зі дестабілізацією моделей споживання, дезінформацією, нерівним доступом до цифрових технологій, дискримінацією у наданні цифрових навичок та можливостей.

Отже, стала диджиталізація передбачає відповідальне, етичне та довгостроково стійке використання цифрових технологій, що базується на сукупності певних принципів (рис. 3.15).

Перший принцип пов'язаний зі зменшенням споживання енергії та пов'язаних з цим викидів CO₂. За даними Міжнародного енергетичної агенції прогнозується, що частка ІКТ у світовому споживанні електроенергії може становити від 3,2% до 7% [160]. Наукові дослідження вказують на те, що ІКТ формують від 1,8% до 3,9% вуглецевого сліду світової економіки [9]. Особливо зростання сектору криптовалют також

призводить до збільшення споживання енергії та вуглецевого сліду. Тільки вуглецевий слід мережі Bitcoin за п'ятирічний період з 2017 по 2022 рік було оцінено у 114 мегатонн вуглецю [66], що за обсягом співмірно з вуглецевим слідом, що генерують деякі країни за рік (Бельгія, Чехія, Україна) або, до прикладу, аграрний сектор світової економіки.



Рис. 3.15. Принципи сталої диджиталізації для гармонізації зеленого-цифрового переходу в контексті досягнення кліматичної нейтральності

Джерело: сформовано авторами

Для вирішення проблеми декарбонізації цифрових технологій пропонується посилити інвестиції у стійку децентралізовану інфраструктуру відновлюваної енергії та зелені центри обробки даних та встановити загальні стандарти

для прозорого агрегування і обчислення споживання енергії та викидів вуглецю цифровими платформами. Це сприятиме кращому обліку викидів у цифровому секторі [122]. Важливо також дотримуватися цих принципів на глобальному рівні через відповідні політики та міжнародні домовленості.

Інший принцип сталої диджиталізації – оптимізація матеріально-технічної бази, необхідна для функціонування цифрової інфраструктури. Швидке розширення цифрової економіки суттєво збільшує попит на критичні матеріали, необхідні для виробництва пристроїв ІКТ, таких як комп'ютери, мобільні телефони, акумулятори та інші компоненти. З огляду на зростаючу потребу в екологічно чистих технологіях, які підтримують енергетичні переходи, прогнозується, що видобуток таких елементів, як графіт, літій та кобальт, може збільшитися у п'ятеро до 2050 року [368]. Наразі вважається, що існує щонайменше двадцять чотири критичні елементи, важливі для підтримки цифрового майбутнього, у тому числі – рідкісноземельні елементи [333]. Експлуатація цих ресурсів має різні екологічні, соціальні та політичні наслідки, що часто залежать від здатності національних та місцевих урядів моніторити та мінімізувати такі впливи. Як зазначає дослідження [119] на початку світової пандемії було вироблено рекордні 53,6 мільйона метричних тонн електронних відходів, що важить більше ніж усі коли-небудь створені комерційні літаки типу Boeing 747. Лише 17,4 % цих відходів було офіційно зібрано та перероблено, виходячи з того факту, що нині лише 78 країн світу мають законодавство щодо управління електронними відходами.

Таке швидке зростання електронних відходів вимагає врахування принципів циркулярності концепції сталої диджиталізації. Це передбачає створення систем, де метали та мінерали, використовувані у цифрових продуктах, можуть бути повторно відслідковані, відновлювані, відстежувані та рециркульовані. Водночас, виробники ІКТ мають нести відповідальність через розширену відповідальність виробника

для забезпечення мінімізації впливу на навколишнє середовище своєї продукції та послуг [370]. Законодавство має встановлювати жорсткіші вимоги до стійкості, а мінімальні стандарти для зеленої цифрової інфраструктури та послуг мають забезпечувати стале використання ресурсів у межах кліматично-нейтральної економіки.

Важливий принцип сталої диджиталізації – застосування сталих цифрових технологій у бізнес-моделях, спрямованих на зростання обсягів споживання благ. Сучасні цифрові маркетингові стратегії істотно впливають на зростання споживання, сприяючи оптимізації ланцюгів поставок, зростанню ефективності, скороченню часу, операційних витрат та людських ресурсів, що веде до зниження загальних виробничих витрат [193]. Таке зниження витрат може призвести до «ефектів відскоку», коли зниження цін на товари та послуги стимулює додатковий попит, як наслідок – зростання виробництва та збільшення екологічного впливу [51]. Враховуючи цілі кліматично-нейтральної економіки, одними з механізмів стримування цих процесів є системні заходи – ціноутворення на вуглець та системи торгівлі викидами. Важливе й встановлення конкретних етичних рамок регуляції використання цифрових технологій, забезпечуючи алгоритмічну прозорість та справедливе управління цифровою трансформацією. У перспективі такі заходи повинні стати частиною ширшої політики, що спрямована на зменшення екологічного впливу диджиталізації та сприяння розвитку стійких цифрових технологій і практик.

Варто зазначити, що стала диджиталізація сприяє боротьбі з дезінформацією, що може значно ускладнити зусилля з просування екологічної обізнаності та дій, спрямованих на пом'якшення наслідків зміни клімату. Дослідження Массачусетського технологічного інституту виявило, що неправдиві новини поширюються на 70% швидше, ніж правдиві [352]. Так, правдивій інформації потрібно у шестеро більше часу для досягнення аналогічної аудиторії порівняно з

неправдивою. Поширення дезінформації на теми, пов'язані зі сталим розвитком, такі як зміна клімату, втрата біорізноманіття та забруднення, підриває колективні зусилля, довіру до інституцій та спричиняє зростання поляризації і недовіри серед різних груп населення. Створення ефективних механізмів для боротьби з дезінформацією у контексті кліматично-нейтральної економіки вимагає використання цифрових технологій для розширення доступу до точної та науково підтвердженої інформації [307]. Заходи, такі як вуглецеве ціноутворення та системи торгівлі викидами, можуть бути додатковими інструментами для мінімізації економічних наслідків дезінформації, підвищуючи рівень залученості та відповідальності у використанні ресурсів. Такі заходи мають бути частиною ширшої стратегії цифрової трансформації, що сприяє сталому розвитку через усвідомлене використання та управління цифровими ресурсами.

З іншого боку, в контексті переходу до кліматично-нейтральної економіки, важливим аспектом сталої диджи-талізації стає захист прав людини та забезпечення екологічної справедливості. Зі зростанням кількості людей, організацій та штучного інтелекту, що взаємодіють у цифровому просторі, забезпечення прав людини в онлайн-середовищах стає ключовим елементом сталих систем управління. Права, такі як свобода слова, конфіденційність, право на мирні зібрання, захист прав дітей та корінних народів, часто потрапляють під вплив цифрових вихорів.

Згідно досліджень особлива увага повинна бути приділена трьом ключовим аспектам [46, 152]:

- порушення прав людини, пов'язані з конфліктами землекористування при видобутку мінералів, необхідних для розвитку зеленої цифрової інфраструктури, включно з кобальтом, графітом, міддю та рідкоземельними металами, особливо на землях, неселених корінними народами та місцевими спільнотами;

- порушення прав людини у вигляді цифрового нагляду та репресій проти екоактивістів, правозахисників, журналістів

та політичних опонентів. Права людини та доступ до екологічного правосуддя мають бути захищені під час розробки, впровадження, законодавства і управління цифровими технологіями. Вони мають бути закріплені та реалізовані на кожному етапі ланцюжка створення вартості цифрових технологій;

- порушення приватності в інтернеті з боку приватних компаній та державних органів.

Отже, вищенаведені міркування формують своєрідний сутнісний місток у розумінні сталої диджиталізації як фактора мінімізації розривів та нерівностей подвійного зеленого-цифрового переходу на шляху до кліматичної нейтральності світової економіки.

Втім, надважливим аспектом гармонізації зеленого-цифрового переходу є задоволення потреб та запитів кліматично-нейтральної економіки щодо технологій та цифрових рішень. У багатьох сферах це потребує прискорення інновацій, адже низьковуглецеві рішення, яких потребує світова економіка, нерідко знаходяться в ембріональній стадії розробки або ж не пройшли достатню апробацію для масового вжитку. Цю тенденцію підтвердило багаторічне практично орієнтоване дослідження Біла Гейтса та R&D його організації BreakThroughEnergy[127]. Пріоритетність глобальної підтримки та розвитку інновацій підтверджується в одному з тематичних брифінгів ООН [337], де один зі складників «квінтету змін» – використання цифрових технологій та інновацій для вирішення глобальних проблем, таких як зміна клімату, охорона здоров'я, освіта й інші аспекти, що сприяють досягненню ЦСР. Зокрема, наголошено на використанні можливостей сучасних цифрових інновацій для досягнення кліматичних цілей, одночасно зменшуючи ризики диджиталізації.

Таке інноваційне «прискорення» зеленого-цифрового переходу – важлива передумова гармонійного та синхронного руху до «нульових» викидів. Втім, воно потребує значної стратегічної підтримки.

Аналіз форсайтів Європейського Союзу за останні роки [104] у сфері подвійного переходу, кліматичної нейтральності та сталого майбутнього дозволив узагальнити такі критично важливі напрямки інновацій у коротко- та довгостроковій перспективі (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

**Важливі напрямки інновацій, потрібні
для зеленого-цифрового переходу**

Часовий період	Сільське господарство	Енергетика	Будівництво	Важка промисловість	Транспорт
Сьогодення та короткострокова перспектива (до 2030 року)	Розумне фермерство, агроекологічні практики, системи інтегрованих датчиків в ґрунті	Відновлювані джерела енергії, розумні електричні мережі, літійові батареї	Пасивні будівлі, цифрові журнали будівель, інтегровані проектні інструменти	Електричні дугові печі, вода з рециркуляції систем, рециклінг газу у ГМК	Електрифікація транспорту, автономні транспортні засоби, 3D-друк у виробництві автокомпонентів
Довгострокова перспектива. Хвиля 1 (до 2040 року)	Цифрові двійники для моніторингу земельних ділянок, системи ШІ для розпізнавання хвороб рослин	Хвильова енергія, системи тривалого зберігання енергії, виробництво водню за допомогою піролізу	Будівельні інформаційні моделі (BIM), високо-ефективні будинки з автоматизованими системами управління	Покращені методи рециклінгу, мікробіальний рециклінг пластикових відходів	Модульність та віртуальне зчеплення у залізничному транспорті, координований автоматизований дорожній транспорт
Довгострокова перспектива. Хвиля 2 (до 2050 року)	Генетичне редагування рослин, селекція за дизайном, використання передових біотехнологій	Ядерний синтез, перехід на повністю відновлювані джерела енергії	-	Перехід на альтернативні, чисті джерела енергії, синтез аміаку	Водневі літаки, повністю автономні транспортні засоби, передові концепції аероструктур

Джерело: узагальнено авторами на основі звітів [104, 339]

З одного боку, окреслені напрямки ілюструють сприятливий сценарій розвитку цифрово орієнтованих технологій у різних індустріях, а з іншого – відображають

сектори інновацій, що потребують справжнього «прориву» та посилення для досягнення кліматичної нейтральності світової економіки, особливо у довгостроковій перспективі. Фактично, зазначені необхідні напрямки інновацій ілюструють, як диджиталізація може задовольнити потреби зеленого переходу, еволюціонуючи від сучасних рішень до майбутніх передових практик.

Однак, такий інноваційний розвиток на шляху до кліматичної нейтральності має спиратися на певні детермінанти. Першочергово інноваційний підхід має переорієнтувати колективні зусилля на використання потенціалу цифрових технологій для трансформації системного рівня, що критично важливо для досягнення кліматичної сталості планети [337]. Це також має включати розробку масштабних ініціатив, таких як створення планетарних цифрових двійників, які б забезпечували пріоритетні інновації для вимірювання, моніторингу та моделювання стану біосфери та її взаємодії з економічними та соціальними системами у режимі реального часу. Цифрові близнюки – важливий напрямок інноваційного розвитку, що сприяє зеленому-цифровому переходу практично в усіх сучасних індустріях. Такі технології можуть виконувати автоматизований моніторинг ризиків та загроз для ключових територій, екосистемних послуг тощо. Гармонізація подвійного переходу відбувається передусім завдяки кращому розумінню можливих стратегій кліматичної нейтральності, енергоефективності та сталого розвитку у цілому. Очікуваний ефект спостерігається не тільки на рівні регіонів та країн, а й корисний для приватного сектору, наукових установ, некомерційних організацій та місцевих громад. Водночас, розробка інновацій у сфері створення цифрових близнюків – один із технологічно найскладніших напрямків, що потребує значних інвестицій.

Як показує цифровий акселератор ООН [335], основні інвестиції повинні бути спрямовані на покращення зондування, підключення та обчислювальних можливостей для збору

й обробки великих обсягів даних, особливо для сценаріїв обробки даних у реальному часі на планетарному рівні. Також потрібно прийняти принципи прозорості, стандарти даних та заходи безпеки, розробити відкриті API і протоколи зв'язку, що гарантують безпеку, конфіденційність, сумісність, передачу та контроль якості ключових даних стійкості у різних системах. Інтеграція наукових даних, спостережень громадян та інших відкритих інструментів і алгоритмів у екосистему цифрових двійників також важлива для забезпечення комплексного підходу до кліматичної нейтральності.

Інший, не менш важливий напрямок інноваційних розробок – створення цифрових стандартів та відповідної інфраструктури для забезпечення, щоби цифрові паспорти продуктів містили всю відповідну інформацію про стійкість упродовж життєвого циклу, включаючи походження продукту, його склад, екологічні та вуглецеві показники, можливості ремонту, демонтажу і утилізації в кінці терміну служби [119]. Підвищення використання екологічного маркування та надання споживачам інформації з цифрових паспортів продуктів сприятиме порівняльності та інформованості споживачів, стимулюючи попит на екологічні товари. Цифрові інструменти надають споживачам важелі впливу для вибору сталих варіантів через інтерактивні платформи, такі як порівняння продуктів, етичні стимули, гейміфікація, калькулятори вуглецевого сліду, та системи позитивного зворотного зв'язку, що сприяють більшій обізнаності та підтримці екологічно стійких виборів. Соціальні медіа, ігрові платформи та фінансові технології також відіграють роль у посиленні екологічно стійких життєвих звичок. Цифрові ринкові майданчики можуть підтримувати економіку спільного використання, дозволяючи людям обмінюватися, продавати, дарувати, чи орендувати товари та послуги, що сприяє мінімізації відходів і зниженню нового виробництва.

Це передбачає активізацію зусиль щодо розробки та впровадження сталих бізнес-моделей, що відповідають

принципам нульових чистих викидів й інклюзивності. Цифрова трансформація відкриває можливості для переосмислення того, як бізнес-моделі у приватному секторі можуть сприяти зеленому розвитку, забезпечувати повну екологічну прозорість та підзвітність на всіх етапах створення вартості. Відтак, цифрова трансформація має сприяти переходу до нової парадигми «за межами зростання», де застосування цифрових технологій базується не тільки на отриманні прибутку, але й на соціальній та екологічній відповідальності, що сприяє глобальній стійкості та дотриманню планетарних меж [134].

Важливий фактор стимулювання інновацій зеленого-цифрового переходу – створення спільних систем знань. У рамках стратегії досягнення кліматично-нейтральної економіки, цифрові технології розширюють можливості для колективного створення, обробки та обміну знаннями. Принципи FAIR та CARE повинні керувати управлінням даними для забезпечення відкритості й інклюзивності наукових досліджень для підтримки сталого розвитку, залучення маргіналізованих груп та формування глобальної кліматичної обізнаності [37]. Ці інструменти можуть значно сприяти глобальному освітньому, науковому та практичному обміну, але їх впровадження вимагає розвитку відповідної інфраструктури, поліпшення доступності й підтримки відкритих стандартів наукової діяльності.

Одним з бар'єрів інноваційного розвитку у сфері зеленого-цифрового переходу є те, що диджиталізація ще не закладається на державному рівні як наскрізний та повсюдний пріоритет у багатьох країнах світу. Попри існування великої кількості програмних ініціатив, угод та документів на посилення зеленого переходу, їх лівова частка не закладає отримання прямої вигоди від цифрових технологій, платформ, програм та систем SMART [51]. Багато національних законодавчих рамок все ще використовують традиційні підходи до регулювання «фізичного» світу, нехтуючи можливостями використання

цифрових інструментів для досягнення результатів сталого розвитку та дотримання нормативних вимог. Це стосується і недостатньої адаптації та гнучкості законодавства щодо подвійного переходу.

Подолання зазначеного бар'єру потребує розвитку таких напрямків:

Адаптація систем управління до змінних ризиків та можливостей через використання зворотного зв'язку в реальному часі та штучного інтелекту.

Диджиталізація національних економічних систем із урахуванням критеріїв кліматичної сталості.

Прозорий моніторинг та звітування щодо виконання законодавства та досягнення кліматичних цілей.

Субсидіарність та децентралізоване управління для стимулювання колективних дій через цифрові канали.

Цифрові механізми для участі громадськості у прийнятті рішень та краудсорсинг управлінських пріоритетів.

Отже, розвиток кліматично-нейтральної економіки потребує надання пріоритету інноваціям, що каталізують зелений-цифровий перехід. Зазначимо, що в сучасних умовах цифрової глобалізації країни можуть отримати численні переваги від «стрибка» до розумних міст, будівель, транспорту, сільського господарства, розумної енергетики тощо. Цей ефект кумулятивний для економіки, адже стимулює прогрес у різних галузях, розвиток нових ринків та появу нових можливостей для глобального лідерства. Уряди та підприємства повинні надавати пріоритет інвестиціям у регіональні цифрові інновації, спрямовані на пом'якшення змін клімату та адаптацію до них. Згідно дослідження [185] такі інновації мають підтримуватися за допомогою локальних інноваційних екосистем, коли місцеві підприємства, підприємці та наукові кола відіграють ключову роль та сприяють спільному створенню зелених цифрових робочих місць, продуктів і сервісів.

Важливо врахувати, що наразі більшість цифрових технологічних інновацій генеруються у різних країнах, це

потребує об'єднання зусиль та багатостороннього партнерства у забезпеченні усіх потреб декарбонізації. Фактично, забезпечення інновацій відповідно до рамки, а також їх справедливе поширення серед усіх міжнародних акторів, стає можливим за умов інклюзивного залучення. Отже, світова спільнота має активно та всебічно сприяти доступу до широкого кола цифрових інновацій. Це необхідно передусім для того, щоб надати можливість місцевим цифровим екосистемам брати участь у розвитку технологій, необхідних для досягнення кліматичної нейтральності.

РОЗДІЛ 4. ВІЗІЯ ГЛОБАЛЬНОГО РОЗВИТКУ КЛІМАТИЧНО- НЕЙТРАЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ НА ЗАСАДАХ ПОВСЮДНОЇ ДИДЖИТАЛІЗАЦІЇ

4.1. Фінансове забезпечення кліматичної нейтральності на міжнародному рівні

Розвиток кліматично-нейтральної економіки потребує значного фінансування задля повсюдного переходу на відновлювані джерела енергії, зменшення вуглецевого сліду у виробництві та впровадження ефективних технологій управління ресурсами [233, 136]. Водночас, така підтримка вимагає мобілізації як державного, так і приватного капіталу для підтримки інновацій та технологічних рішень, спрямованих на забезпечення кліматичної стійкості. Цей виклик особливо важливий у таких регіонах, як Африка, Китай, Південна Азія та Латинська Америка, де промисловість десятиліттями використовувала практики, що суттєво впливають на клімат [11]. Основна проблема полягає не лише в обмеженій регуляторній, фінансовій та технологічній підтримці «зелених» ініціатив. Вирішальна також відсутність цілісного бачення та обізнаності серед місцевих громад і бізнес-сектору, що продовжують використовувати шкідливі для довкілля методи виробництва [57, 384]. У цьому контексті створення моделі переходу до кліматично нейтральної економіки потребує комплексних, ефективних та загальноприйнятих рушійних сил.

Як було вказано у попередніх розділах, таким драйвером є диджиталізація, оскільки вона розвиває багатосторонній протехнологічний вимір сучасної економічної системи. Цифрові технології, такі як штучний інтелект, великі дані, блокчейн та інтернет речей, сприяють розвитку інноваційних моделей використання ресурсів, підвищення енергоефективності та скорочення викидів вуглецю. Крім того, сучасні цифрові рішення дозволяють глибше зрозуміти проблематику змін клімату, прогнозувати їх наслідки та розробляти стратегії адаптації. Темпи цифрового розвитку національних економік стрімко прискорюються. Очікується, що до 2025 року щонайменше третина країн Європейського Союзу досягне найвищого рівня цифрової ефективності, згідно з Індексом цифрової економіки та суспільства [118]. Отже, роль цифрової трансформації у контексті кліматично нейтральної економіки надзвичайно важлива, оскільки вона сприяє створенню стійкої глобальної економічної системи, здатної адаптуватися до зміни клімату, скорочувати викиди та забезпечувати стале зелене зростання.

Зазвичай, країни та окремі об'єднання передбачають бюджетування зеленого та цифрового розвитку у межах щорічних фіскальних витрат.

Найбільший обсяг такого бюджету наразі закладено у ЄС у межах реалізації програми цифрового десятиліття (рис. 4.1).

ЯкбачимонаприкладіЄС,найбільшібюджетніасигнування були спрямовані на посилення конкурентоспроможності та стійкості (56,8 млрд євро), технологічне лідерство (22,3 млрд євро) та кібербезпеку (5,9 млрд євро). Водночас, загальний напрям зеленого-цифрового переходу отримав 2,2 млрд євро (2,5% загального фінансування). Варто підкреслити виокремлення акцентів ЄС у бюджетуванні «диджиталізації для зеленого переходу» та «зеленого переходу цифрових технологій», що фактично передбачає розвиток сталої диджиталізації. Примітно, що бюджетування напрямку «диджиталізація для зеленого переходу» передбачає участь фондів ЄС та національних програм у співвідношенні

50:50, тоді як розвиток сталої диджиталізації здійснюється за рахунок фондів ЄС практично на 100% [90]. Окремий, однак суттєво менший, напрямок – підтримка програм узгодженості зелених та цифрових політик, створення людиноорієнтованого цифрового середовища. Зазначимо, що наведений бюджет у цілому – одна з наймасштабніших ініціатив, спрямованих на комплексний розвиток.



Рис. 4.1. Розподіл бюджету ЄС за цільовими напрямками
Джерело: Цифровий компас ЄС [90]

Втім, розглядаючи питання глобальної фінансової підтримки «зеленої» економіки, науковці, як правило, зосереджують увагу на міжнародних екологічних фондах та міжнародних організаціях у цій сфері та на проблемах розробки фінансових механізмів. Як зазначають С. Равічандран та М. Рой, глобальне зелене фінансування – важливий фактор вирішення проблеми зміни клімату [277, 48]. Крім того, національні економіки потребують більшої фінансової допомоги для досягнення Цілей сталого розвитку та виконання зобов'язань за Паризькою угодою. Отже, демократизація кліматичних фінансів – важливий виклик. У праці В. Орінді наголошується на критичній важливості справедливого

доступу до кліматичного фінансування та чистих технологій, це особливо важливо в питаннях низьковуглецевих практик для країн, що розвиваються [255].

Зокрема, питання фінансової спроможності порушується науковцями з усього світу у зв'язку з активізацією «зеленої» трансформації та адаптації до зміни клімату. Наприклад, Р. Кларк та Дж. Рід наголошують на необхідності скоординованіших зусиль для заохочення інвестицій у сталий та низьковуглецевий розвиток, акцентуючи увагу на фіскальних та політичних реформах для стимулювання приватних інвестицій у країни, що розвиваються [49]. С. Бречін та М. Еспіноза пропонують глобальним кліматичним фондам переглянути цільове співвідношення 50:50 між фінансуванням пом'якшення наслідків зміни клімату та адаптації до них [29]. В іншому дослідженні висловлюється ідея переосмислення ставки співфінансування «зелених» проєктів, що значно варіюється та впливає на довгострокову стійкість кліматичних ініціатив [57]. Водночас, С. Брекінг та Б. Леффел виступають за повернення до державного фінансування та управління для ефективного вирішення проблем кліматичного фінансування. Вони досліджують управління кліматичними фінансами, припускаючи, що наразі вкрай необхідні поліцентричні системи у сфері кліматичних фінансів, це допоможе уникнути концентрації повноважень щодо прийняття рішень у менеджерів фінансових фондів [28]. Варто зазначити, що всі ці дослідження розглядають загальну ефективність «зелених» фондів, але не аналізують структуру міжнародних кліматичних проєктів. Це важливо, оскільки вона фактично відображає актуальні та затребувані напрямки для досягнення кліматичної нейтральності економіки у різних регіонах світу.

За останнє десятиліття глобальна система зеленого фінансування охопила цілу низку стратегічних рішень для підтримки міжнародних зусиль щодо пом'якшення наслідків зміни клімату та адаптації.

Нижченаведена схема ілюструє ключові з них (рис. 4.2).

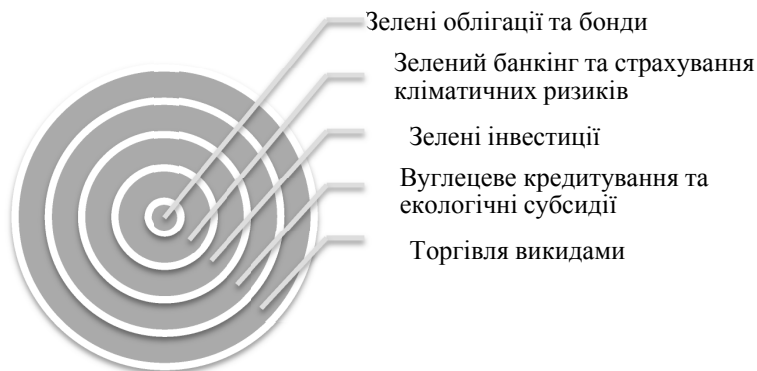


Рис. 4.2. Множина рішень щодо механізмів зеленого фінансування для розвитку кліматично-нейтральної економіки

Джерело: узагальнення авторів на основі звітів про зелене фінансування IDFC та GCF [132, 159])

Схема демонструє глобальний консенсус щодо існуючих механізмів фінансової підтримки зеленого переходу економіки. Їх широка диференціація ґрунтується на формуванні кліматичної політики, доступності активів та загальній економічній зрілості міжнародних інституцій. Відтак, кожен інструмент забезпечує певний баланс між ринковими важелями та екологічними орієнтирами, спираючись на спільні переваги у вирішенні складних проблем, спричинених зміною клімату. Подібний баланс має вирішальне значення для координації ефективного реагування на кліматичні виклики, забезпечуючи як економічну життєздатність, так і соціальну справедливість [6, 124].

Зелені облігації є борговими інструментами, кошти від них спрямовуються на фінансування екологічно чистих проектів з відновлюваної енергетики, енергоефективності, управління водними ресурсами, чистого транспорту тощо. Цей інструмент сприяє залученню приватних інвестицій до екологічно стійких ініціатив, знижуючи вартість капіталу для цих проектів [344]. Завдяки цьому, зелені облігації стають потужним інструментом

для сприяння переходу до кліматично нейтральної економіки. Водночас, зелені бонди також є інструментами боргового фінансування, які можна розглядати у єдиній концептуальній множині з зеленими облигаціями. Однак, їх спрямованість фокусується саме на проектах зі зниження викидів вуглецю, що стимулює розвиток низьковуглецевих технологій та підтримує перехід до кліматично-нейтральної економіки [361].

Зелений банкінг охоплює фінансові послуги, що підтримують екологічно чисті ініціативи, зокрема, це можуть бути зелені кредити, депозити та інвестиційні продукти, які сприяють зниженню викидів та розвитку екологічних інновацій [68]. Водночас, банки, впроваджуючи зелені практики, допомагають фінансувати проекти, спрямовані на зменшення вуглецевої інтенсивності. У цілому, вуглецеве кредитування передбачає надання кредитів під проекти, що сприяють зниженню викидів вуглецю. Цей механізм допомагає компаніям фінансувати перехід до екологічно стійкіших методів виробництва та управління ресурсами, зменшуючи вуглецевий слід [357].

З іншого боку, екологічні субсидії також є ефективними інструментами, що надаються для підтримки проектів зі зниження впливу на довкілля. Це можуть бути субсидії на відновлювану енергію, енергоефективність чи зниження викидів парникових газів [20]. Зазначимо, що державна підтримка через архітектуру субсидій стимулює реалізацію екологічних ініціатив, роблячи їх фінансово привабливішими [112].

Останніми роками набуває обертовий механізм страхування кліматичних ризиків, що фактично допомагає знизити фінансові ризики, пов'язані зі змінами клімату. Це включає страхові продукти, що «захищають» від фінансових втрат через кліматичні катастрофи, стимулюючи інвестиції у стійкі проекти [54]. Завдяки цьому страхування кліматичних ризиків сприяє фінансовій стійкості та підтримує розвиток кліматично-нейтральної економіки.

У фарватері зеленого фінансування доречно згадати концепт системи торгівлі викидами, що дозволяє компаніям

купувати та продавати права на викиди парникових газів. Це створює додаткові економічні стимули для зниження викидів та впровадження екологічно чистих технологій. Також, продаючи невикористані квоти на викиди, компанії можуть отримувати додаткові фінансові ресурси, що можуть бути реінвестовані у проекти сталого розвитку та екологічні інновації [343]. Торгівля викидами забезпечує гнучкість для підприємств у досягненні екологічних цілей та стимулює інновації у сфері зменшення викидів. Системи торгівлі викидами існують у багатьох країнах світу, включаючи ЄС, Китай, США (на регіональному рівні), та інших. Це дозволяє поступово розвивати ідею глобального ринку квот на викиди, що сприяє консолідованішому просуванню до кліматичної нейтральності світової економіки.

Хоча ці механізми успішно мобілізують капітал, вони можуть не повністю задовольняти потреби вразливих груп чи гарантувати справедливий розподіл вигод від кліматичних інвестицій. Саме тут у гру вступають державна політика, урядові втручання та міжнародне співробітництво для гарантій, що кліматична фінансова допомога буде спрямована на досягнення ширших соціальних цілей. Дії в цій сфері включають виділення державних коштів на адаптацію до зміни клімату та пом'якшення її наслідків у країнах, що розвиваються, створення нормативних актів і стандартів та надання субсидій чи стимулів для заохочення впровадження чистих енергетичних технологій [34].

Спеціальні зелені та кліматичні фонди сприяють створенню ефективного фінансового ландшафту, що підтримує глобальні кліматичні ініціативи. Діючи як фінансова парасолька, ці фонди допомагають збалансувати соціально-економічний наратив, особливо в країнах, що розвиваються, у контексті їхніх кліматичних зусиль. Це полегшує мобілізацію ресурсів для проектів із пом'якшення наслідків зміни клімату та адаптації до них. Крім того, кліматичні фонди зосереджуються на залученні як державного, так і приватного сектору, спри-яючи співпраці та інноваціям у сфері сталого

розвитку. Їх інклюзивна стратегія, що передбачає залучення широкого кола зацікавлених сторін, підвищує ефективність розподілу кліматичних фінансів та забезпечує цілісний підхід до вирішення багатогранних проблем зміни клімату.

Наразі кілька найбільших міжнародних фондів роблять свій внесок у глобальний фінансовий потенціал для розвитку кліматично нейтральної економіки:

- Зелений кліматичний фонд (ЗКФ) – один з найбільших та потенційно найефективніший міжнародний фонд, створений для підтримки глобального скорочення викидів парникових газів та адаптації до зміни клімату, переважно в країнах, що розвиваються. ЗКФ був створений сторонами Рамкової конвенції ООН про зміну клімату з метою сприяння зміні парадигми у бік низьковуглецевого розвитку та, водночас, реагуючи на потребу в значних фінансових ресурсах.

- Кліматичний інвестиційний фонд (CIF) також підтримує проекти, пов'язані з кліматом та пропонує фінансування країнам, що розвиваються, для їх переходу до низьковуглецевої та сталої економіки. Він складається з різних підфондів, включаючи Фонд чистих технологій та Лісову інвестиційну програму.

- Глобальний екологічний фонд (ГЕФ) фінансує проекти у сферах біорізноманіття, зміни клімату, міжнародних вод, озонового шару, деградації земель та стійких хімічних речовин.

- Фонд малих грантів Програми розвитку Організації Об'єднаних Націй підтримує проекти на місцевому рівні, що сприяють збереженню довкілля та сталому розвитку.

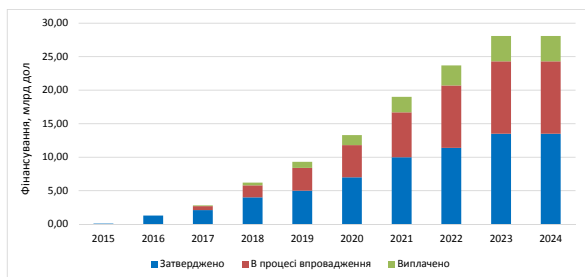
- Фонд зеленого розвитку для країн, що розвиваються (ФЗР) має на меті підтримку країн, що розвиваються, у впровадженні практик зеленого розвитку та низьковуглецевого зростання.

Зазначимо, що наведений перелік не є вичерпним. У сучасному економічному середовищі Зелений кліматичний фонд – абсолютний лідер у справедливому вирішенні питань адаптації до зміни клімату та пом'якшення її наслідків. Глобальний кліматичний фонд посприяв усуненню понад 265 мільйонів тонн CO₂ на кожен мільярд доларів, витрачений

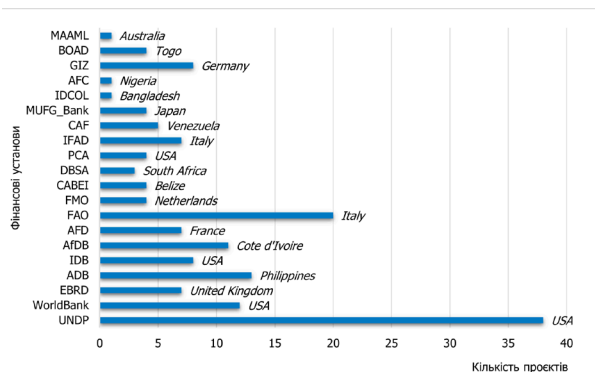
на стратегії пом'якшення наслідків зміни клімату та прямо чи опосередковано допоміг 155 мільйонам людей на кожен мільярд доларів, виділений на проекти з адаптації [132].

Ефективність Глобального кліматичного фонду у зміцненні глобальної кліматичної стійкості та сталості значно підвищується завдяки його прагненню заохочувати національну відповідальність та забезпечувати відповідність його проєктів стратегічним пріоритетам кожної країни.

За останнє десятиріччя обсяг фінансування кліматичних проєктів значно зріс (рис. 4.3).



а) Річна динаміка



б) кількість діючих проєктів у розрізі фінансових установ та країн

Рис. 4.3. Фінансування кліматичних проєктів Зеленим кліматичним фондом

Джерело: побудовано авторами на основі статистики [132]

Зазначимо, що та тлі стрімкого зростання фінансування, час, необхідний для прийняття рішення по проєкту, його підготовки та реалізації, скоротився в середньому з 15 до 4 років [132]. Це, безперечно, позитивний показник, особливо з огляду на глобальний графік декарбонізації, встановлений Паризькою угодою.

Огляд глобальної фінансової підтримки кліматичних ініціатив свідчить про те, що сучасне кліматичне фінансування можна вважати геополітично залежним, з ранніми ознаками глобальної поляризації. США та ЄС – провідні донори кліматичних ініціатив у світі. Але все більше країн Східної Азії та Африки активізуються, створюючи місцеві фінансові установи, спрямовані на підтримку кліматичних ініціатив. Загалом, 57 донорських організацій активно працюють над збором зелених коштів у рамках, встановлених Зеленим кліматичним фондом. Крім того, у 2022-2023 роках ще 60 організацій долучилися до вирішення кліматичних проблем. Примітно, що лише 20 фінансових організацій відповідають за 67% усіх «зелених» проєктів, забезпечуючи щонайменше 85% від загального обсягу фінансування, розподіленого Глобальним кліматичним фондом.

Крім того, міжнародні донорські організації та їхня геолокація відіграють ключову роль у просуванні кліматичного фінансування. Аналіз підкреслює необхідність створення місцевих фінансових організацій, які б займалися збором зелених коштів для успішної реалізації заходів із адаптації до зміни клімату та пом'якшення її наслідків у конкретних регіонах. Очевидно, що міжнародна фінансова підтримка вирішальна для реалізації програм у сфері зміни клімату в Африці, Латинській Америці та Азії. З'явилися провідні місцеві донори, що акумулюють «зелені» кошти для задоволення потреб на національному та регіональному рівнях. Ця тенденція дуже важлива, оскільки локальні «зелені» організації особливо виділяються на глобальному тлі міжнародних «важковаговиків», таких як ПРООН, Світовий

банк, ЄБРР, що акумулюють ресурси у глобальному масштабі та діють на багатосторонньому рівні. Зокрема, до цієї групи належать спеціалізовані кліматичні програми таких установ: Африканський банк розвитку (АфБР), Азійський банк розвитку (АБР), Центральньоамериканський банк економічної інтеграції (CABEI), Банк розвитку Південної Африки (DBSA), Банк розвитку Латинської Америки (CAF), Африканська фінансова корпорація (AFC), Західноафриканський банк розвитку (BOAD). Як показано на Рис. 4.3, ці організації також відіграють провідну роль у формуванні глобального ландшафту кліматичного фінансування.

Зелений кліматичний фонд підтримує міжнародні кліматичні ініціативи через різні канали, включаючи, але не обмежуючись такими:

- фінансування проектів та програм, спрямованих на скорочення викидів парникових газів і адаптацію до зміни клімату. Це стосується ініціатив у сфері відновлюваної енергетики, енергоефективності, збереження лісів та управління водними ресурсами;

- надання грантів на розбудову потенціалу для допомоги країнам, що розвиваються, у зміцненні їхніх інституційних, людських, технічних та планових можливостей;

- приділення особливої уваги приватному сектору, заохочуючи приватні інвестиції у кліматичні ініціативи;

- фінансова підтримка для надання технічної допомоги на етапах підготовки та реалізації проектів.

Однак, незважаючи на підвищення загальної ефективності глобальної зеленої підтримки, дослідження виявило кілька проблемних аспектів, що потребують додаткової уваги.

По-перше, нерівномірний розподіл коштів та обмеження доступу. Коли деякі країни, що розвиваються, мають ефективний доступ до фінансування кліматичних проектів, інші стикаються з процедурними бар'єрами [11]. Це вимагає вдосконалення процесів прийняття рішень для підвищення ефективності діяльності глобальних кліматичних фондів

у країнах, що розвиваються. Незважаючи на акредитацію 62 установ у ЗКФ з країн, що розвиваються, 42 з них ще не отримали проектного фінансування. Тому, хоча цей глобальний фонд ініціював кілька фінансових програм для безпосередньої допомоги установам у розробці та затвердженні проектів, ці зусилля поки що не задовольняють попит [34].

По-друге, проблеми із залученням приватного сектору. Посилення ефективної участі приватного сектору вважається критично важливим для вирішення питань адаптації до зміни клімату. Можливе рішення полягає у залученні приватного сектору до адаптації, виходячи за рамки фінансування та зосереджуючись на стимулюванні ринку, а не на бар'єрах [306].

По-третє, загальні принципи справедливості та рівності. Переважаючи проблеми у впровадженні та управлінні ЗКФ можна розглядати як симптоми недоліків глобальної архітектури кліматичного фінансування [284]. Це посилюється недостатньою фінансовою підтримкою, яку розвинені країни надають країнам, що розвиваються, та обмеженим фінансуванням, виділеним на проекти з адаптації [28].

Крім того, важливо виокремити проблемний аспект, що стосується ефективності та якості моделі кліматично нейтральної економіки. Відсутність глобального бачення кліматично нейтральної економіки перешкоджає здатності спільноти представити комплексну перспективу щодо необхідних зусиль, проектних дій та необхідної міжнародної співпраці.

При розробці моделі важливо враховувати організаційну та технологічну готовність країн до реалізації міжнародних кліматичних ініціатив. Ця готовність визначається цифровими рішеннями та мережевою взаємодією. Так, фінансова допомога охоплює не лише грошову підтримку, а й розбудову потенціалу та технічну допомогу для покращення планування, реалізації і управління кліматичними проектами. Така підтримка підвищує загальну ефективність та стійкість ініціатив. Мета цих фінансових

зусиль – прискорити глобальний перехід до майбутнього, в якому економіка викидатиме менше парникових газів (кліматично нейтральне майбутнє) та буде краще підготовлена до подолання наслідків зміни клімату (кліматично стійке майбутнє).

Дослідження виявило переконливий наратив щодо глобального розподілу фінансової допомоги на боротьбу зі зміною клімату серед регіонів-реципієнтів та їх загальною готовністю до реалізації таких проєктів (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

**Регіони-реципієнти
глобального кліматичного фінансування**

Світовий регіон	Готовність до кліматичних дій (R)		Діяльність, що фінансується за рахунок кліматичних коштів (KF)		Баланс R до FA	
	Кількість грантів	Фінансу- вання, млн доларів США	Кількість грантів	Фінансування, млн доларів США	кіль- кісний	фінан- совий
Африка	278	166,4	340	5 185,2	1:1,2	1:31,2
Азійсько-Тихо- океанський регіон	239	176,3	162	4 516,3	1:0,7	1:25,6
Латинська Америка та Карибський басейн	342	161,4	165	3 311,9	1:0,5	1:20,5
Східна Європа	41	32,9	27	438,9	1:0,7	1:13,3
Всього	900	537,1	694	13 452,3	1:0,8	1:25

Джерело: розрахунки авторів на основі відкритих даних ГКФ [138]

Наведені дані дозволяють зробити кілька ключових висновків. В усіх регіонах, окрім Африки, кількість грантів, спрямованих на забезпечення готовності, перевищує кількість

грантів, виділених на конкретні заходи з адаптації до зміни клімату та пом'якшення її наслідків. Це свідчить про значний попит на попередні заходи та стратегічне планування перед реалізацією цільових кліматичних проєктів. Попри те, що така підготовка потребує значно менших фінансових ресурсів, переважна більшість грантових заходів свідчить про гостру потребу в організаційних та технологічних зусиллях у цій сфері.

Співвідношення між фінансуванням готовності та фактичним фінансуванням проєкту суттєво відрізняється в різних регіонах: від 1 до 13,3 у Східній Європі до 1 до 31,2 в Африці. Це свідчить про значну різницю у фінансуванні між різними стадіями проєкту. Хоча загальне співвідношення грантів до фінансування, готового до реалізації – приблизно 1 до 0,8, існують відмінності між регіонами світу, що свідчить про різні підходи до підтримки проєктів у сфері зміни клімату. Хоча існує більше грантів для забезпечення готовності до зміни клімату, фінансування переважно спрямоване на конкретні заходи з адаптації та пом'якшення наслідків зміни клімату, із загальним фінансовим співвідношенням 1 до 25. Це свідчить про загальну готовність інвестувати значні ресурси в реалізацію проєктів, спрямованих на боротьбу зі зміною клімату.

Досягнення балансу між інвестиціями у підготовку та безпосередніми зусиллями з адаптації та пом'якшення наслідків зміни клімату має вирішальне значення. Підвищення прозорості використання коштів та результатів проєктів може зміцнити довіру донорів та стимулювати подальші інвестиції у кліматичні ініціативи. Особливу увагу слід приділяти ефективності проєктів та можливості оцінити їхній вплив на клімат. Це передбачає встановлення чітких критеріїв для оцінки та моніторингу результатів. Особливу увагу слід також приділяти залученню місцевих громад, враховуючи їхні потреби та можливості, оскільки це може значно підвищити ефективність та сприйняття проєктів.

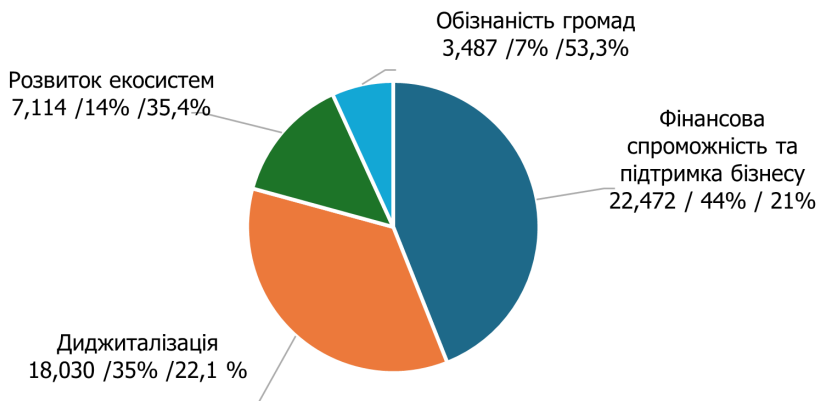
Також важливо диверсифікувати фінансові інструменти для гарантування достатнього фінансування кліматичних

проектів у всьому світі. Цього можна досягти, вивчаючи різні джерела фінансування, включаючи приватні інвестиції, гранти, кредити та підтримку міжнародних фінансових інституцій. Першорядне значення має розробка та впровадження міжнародного законодавства і стандартів для об'єднання зусиль у боротьбі зі зміною клімату в глобальному масштабі.

Кліматична нейтральність вимагає комплексного підходу. Сприяння передачі технологій між країнами має важливе значення для поширення інноваційних цифрових рішень для сталого розвитку, пропонуючи ширший доступ до передових технологій. Заохочення сталих моделей споживання та виробництва мінімізує вплив на довкілля та підвищує ефективність використання ресурсів. Залучення громадян через освіту та підвищення рівня обізнаності має вирішальне значення для підтримки глобальних зусиль зі сталого розвитку. Також розвиток сталої цифрової інфраструктури має вирішальне значення для забезпечення того, аби цифрова трансформація сприяла досягненню кліматичних цілей, а не послаблювала їх. Тому для ефективної боротьби зі зміною клімату необхідний цілісний підхід. Ця стратегія повинна охоплювати не лише фінансові елементи, а й підкреслювати важливість залучення громадськості, інновацій та міжнародної співпраці.

Нижченаведені аналітичні висновки відображають необхідність комплексного підходу до моделі кліматично нейтральної економіки, зокрема у впровадженні цифрових рішень. В основу покладено авторське дослідження відкритої бази даних проєктів Глобального кліматичного фонду, вона наразі охоплює 243 міжнародні кліматичні ініціативи з різних країн світу.

Це дослідження дозволило систематизувати та визначити чотири основні сегменти у просуванні кліматично нейтральної економіки (рис. 4.4).



**глобальне фінансування, млрд доларів США / частка, % / внесок ГФК, %)*

Рис. 4.4. Сегменти фінансової підтримки кліматично нейтральної економіки у світі

Джерело: розрахунки та систематизація авторів на основі відкритих даних GCF [138]

Визначені сегменти окреслюють основні напрямки розвитку кліматично нейтральної економіки, що відповідають найнагальнішим потребам суспільства. Зокрема, основними напрямками є розбудова фінансового потенціалу (44% глобального фінансування) та інтеграція цифрових рішень і смарт-технологій (35% фінансування). Ці ініціативи переважно реалізуються за рахунок співфінансування світової спільноти, а внесок Зеленого кліматичного фонду (GCF) у ці проєкти найменший та становить у середньому 21% та 22,1% відповідно. З іншого боку, не менш важливі напрямки – зміцнення громад та розвиток екосистем мають найменшу фінансову підтримку в цілому. Вони фінансуються переважно за рахунок власних ресурсів глобальних фондів. Частка є найбільшою та становить 53,3 та 35,4% відповідно.

Наведені результати підтверджують гіпотезу про те, що поточний рівень фінансової допомоги для кліматично нейтральної економіки переважно спрямований на компоненти диджиталізації та розширення фінансових можливостей країн.

Комплексне вивчення бази даних проєктів дозволило визначити фактори, необхідні для ефективного впровадження кожного сегмента кліматично нейтральної економіки.

Сегмент 1. Диджиталізація для клімату. Цей сегмент включає глобальні кліматичні ініціативи, спрямовані на сприяння широкому переходу до інтелектуальних систем та розумних рішень у всіх секторах економіки, дедалі більше інтегруючи фізичні об'єкти у цифровий вимір. З огляду на кліматичні виклики, ключовий напрямок – розбудова сучасної цифрової інфраструктури, що є основою для створення «розумної» архітектури, сільського господарства та транспортних систем. Зростання цифрових ринків, ефективний зв'язок та доступність даних разом із впровадженням технологій Індустрії 4.0 мають важливе значення для підвищення кліматичної стійкості.

Тематичне дослідження проєктів GCFy Сегменті 1 дозволило визначити детермінанти, що сприяють розвитку сегменту «Диджиталізації для клімату»: цифрова інфраструктура, цифровий двійник, розумна архітектура, розумне сільське господарство, розумний транспорт та електронна мобільність, цифрові електронні послуги, технології Індустрії 4.0, аналітика великих даних для аналізу ризиків, моніторингу, контролю та прогнозування.

Сегмент 2. Фінансова спроможність та сила бізнесу. Цей сегмент фокусується на фінансовій підтримці та розвитку зеленого переходу місцевого бізнесу. Це передбачає створення спеціалізованих фондів, розробку фінансових інструментів та пошук джерел зелених інвестицій. Ці заходи сприяють розвитку сталої та адаптивної економіки, підкреслюючи взаємозв'язок між фінансами та екологічною

стійкістю. Завдяки такому підходу бізнес заохочується до впровадження практик, що не лише сприяють його економічній стійкості, але й узгоджуються з глобальними зусиллями, спрямованими на пом'якшення наслідків зміни клімату.

Ключові детермінанти: місцеві фонди, кліматичні хаби та бізнес-акселератори для «зеленого» бізнес-переходу, розвиток фінансово-кредитних інструментів, система «зелених» інвестицій.

Сегмент 3. Розширення можливостей громад. Цей сегмент включає ініціативи, пов'язані з проведенням інформаційних кампаній, що сприяють залученню громадськості до вирішення питань, пов'язаних зі зміною клімату, підвищенням рівня життя через модернізацію інфраструктури та послуг, а також створенням громадських та житлових хабів, що слугують центрами освіти та дій з питань екологічної сталості. Значна увага приділяється забезпеченню рівного доступу до основних ресурсів, таких як чиста енергія та вода, поширенню важливої інформації щодо енергоефективності та методів адаптації до зміни клімату. Ключовий аспект цього сегменту – сприяння гендерній рівності, визнання ролі жінок як ключових агентів у контексті екологічної сталості. Крім того, важливе значення має посилення стійкості громад, особливо вразливих до кліматичних впливів, що передбачає надання цільової підтримки для підвищення їхньої спроможності реагувати та адаптуватися до екологічних змін. Завдяки цим узгодженим зусиллям розширення прав та можливостей громад має на меті сприяти формуванню культури сталості і стійкості, що дозволить громадам не лише протистояти кліматичним викликам, а й активно долучатися до вирішення глобальних кліматичних проблем.

Ключові детермінанти: інформаційні та комунікаційні кампанії; засоби до існування для людей з екологічно пошкодженого регіону; житло та громадські центри; нова кліматична поведінка; рівний доступ (насамперед до інформації про воду, енергію та клімат); принцип «чиста енергія для всіх»; гендерна рівність в екологічно вразливих громадах; адаптаційний потенціал громад; адаптаційний потенціал громад.

Сегмент 4. Переосмислення розвитку екосистем. Більшість ініціатив спрямовані на реалізацію принципу EbA (Ecosystem-based adaptation – екосистемна адаптація). Цей підхід використовує екосистемні послуги як частину загальної стратегії допомоги регіонам в адаптації до негативних наслідків зміни клімату [245]. Крім того, цей сегмент передбачає так звану концепцію 3R (дослівно з англ. Reduce-Reuse-Recycle «скорочувати – використовувати – переробляти»). Цей принцип сприяє сталому розвитку та збереженню ресурсів, що критично важливо для підтримки кліматично нейтральної економіки. Скорочення споживання ресурсів зменшує тиск на навколишнє середовище, повторне використання матеріалів зменшує потребу в нових сировинних ресурсах, а переробка зменшує обсяг відходів, що потребують утилізації або зберігання [58]. Приймаючи цю модель, розвиток екосистем може сприяти зменшенню впливу на навколишнє середовище та сприяти сталому використанню природних ресурсів.

Ключові детермінанти: Принцип EbA (Екосистемна адаптація), розвиток екосистем за 3R-підходом, стійкість до змін (посухи, повені, танення льодовиків), відновлення природних структур та історичних ландшафтів (насамперед лісосмуг, лісів та долин річок), державне планування розвитку територій.

Аналіз міжнародної фінансової підтримки для кожного з виділених сегментів показав значну диференціацію у фінансуванні проектів кліматично нейтральної економіки. Про це свідчать результати статистичної обробки вибірок (Табл. 4.2).

Отримані обчислення дають чітке уявлення про фінансові потреби для реалізації глобальних ініціатив у різних секторах кліматично нейтральної економіки. Фінансові потреби проектів суттєво різняться залежно від таких факторів, як масштаб ініціатив, їхні очікувані наслідки, кількість залучених сторін та географічна територія реалізації. В середньому, вартість поточних кліматичних проектів оцінюється приблизно в 850 мільйонів доларів США. Однак найчастіше спостерігається рівень

фінансування у розмірі \$251 млн, при цьому половина проектів потребують не більше \$355 млн фінансової підтримки. Але розподіл цих цифр відрізняється в різних секторах. Наприклад, ініціативи, спрямовані на підвищення фінансової спроможності та бізнес-стійкості, потребують найбільшої фінансової підтримки. Близько половини цих проектів мають до \$191,8 млн, решта потребують значно більшого фінансування. Зокрема, такі амбітні проекти, як створення центрів фінансування зеленого бізнесу та спеціалізованих регіональних кліматичних фондів в Африці та Латинській Америці, потребують значних інвестицій у розмірі від 1,5 до 3,7 мільярдів доларів США. Це підкреслює необхідність широкої участі міжнародних зацікавлених сторін у виконанні цього критично важливого сегменту.

Таблиця 4.2.

**Фінансування кліматично-нейтральної
економіки за сегментами**

Сегменти	Сума проектів	Діапазон варіацій у фінансуванні, млн. дол.		Середня вартість, млн USD	Режим	Медіана
		хв	Макс.			
Диджиталізація для клімату	74	4,64	1 873,30	253,94	31,00	65,72
Фінансова спроможність та міцність бізнесу	55	9,88	3 685,00	395,50	200,00	191,82
Розвиток екосистем	64	8,16	1 497,00	112,92	10,00	50,00
Розширення прав і можливостей громад	50	9,39	750,00	87,61	10,00	47,31
Summ	243	32,07	7 805,30	849,97	251,00	354,85

Джерело: розрахунки авторів на основі відкритих даних ГКФ [138]

З іншого боку, проекти з сегменту «Диджиталізація для клімату» мають середню оціночну вартість \$253,9 млн. Оскільки типовий обсяг фінансування становить близько \$31 млн, половина з цих ініціатив потребує не більше \$65,7 млн для реалізації. Така доступність робить цей сегмент доступнішим та привабливим для приватного сектору, що сприяє формуванню державно-приватного партнерства у сфері зеленої цифрової трансформації.

Варто зазначити, що міжнародні кліматичні ініціативи в сегментах «Розвиток екосистем» та «Посилення спроможності громад» мають схожі характеристики з точки зору потреб у фінансуванні. Левова частка проектів коштує близько \$10 млн, а половина проектів у цьому сегменті не перевищує \$50 млн і \$47,3 млн відповідно.

Для сегментів, що потребують значних інвестицій, важливо зосередитися на створенні та залученні міжнародних фінансових організацій, залученні державного фінансування та великих приватних інвесторів. Так можна розвивати механізми державно-приватного партнерства для залучення інвестицій приватного сектору, підтримуючи ці ініціативи на державному рівні. У сегментах, що потребують меншого фінансування, слід зосередити увагу на залученні місцевих інвестицій, розвитку мікрофінансування та грантових програм для залучення місцевих громад.

Дослідження всіх 4 сегментів кліматично нейтральної економіки в їхньому логічному взаємозв'язку показало наскрізну роль сегмента 2 «Диджиталізація для клімату». Отже, диджиталізація слугує не лише окремим і важливим компонентом у просуванні кліматичних ініціатив, але й зміцнює технологічну інфраструктуру, необхідну для виконання інших сегментів.

Це підтримує концепцію цифрової моделі кліматично нейтральної економіки (рис. 4.5).

Зазначимо, що вплив диджиталізації подвійний. З одного боку, вона створює цілий кластер універсальних ІТ-продуктів для «зеленого» переходу та кліматично орієнтованого управління.

З іншого боку, цифрова трансформація сприяє створенню ефективного інформаційного середовища та потужної цифрової інфраструктури для підвищення ефективності всіх сегментів кліматично-нейтральної моделі. Так диджиталізація постає як ключова сила, що рухає глобальний перехід до кліматично нейтральної економіки.

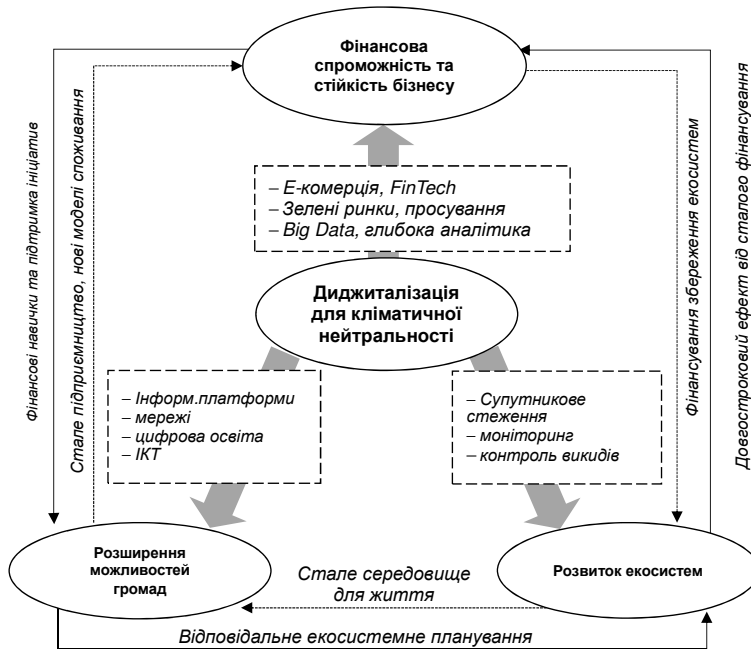


Рис. 4.5. Цифрово орієнтована модель розвитку кліматично-нейтральної економіки

Джерело: авторська розробка [215]

Відповідно до наведеної вище моделі, цей вплив виглядає так:

Зв'язок 1. Розширення прав та можливостей громад через Диджиталізацію. Диджиталізація розширює можливості громад у вирішенні кліматичних та екологічних проблем завдяки кращому доступу до кліматичної інформації, підвищенню

обізнаності і залученню місцевих жителів до дій, спрямованих на мінімізацію впливу на довкілля. Таке середовище сприяє розвитку колективних ініціатив та проєктів, спрямованих на сталий розвиток, формуючи поінформованіше і проактивне суспільство, готове спільно долати екологічні виклики. Також між диджиталізацією та розширенням прав і можливостей громад має опосередковані переваги для економіки, сприяючи розвитку «зеленого» громадського руху та стимулюючи зростання «зелених» галузей. Ця динаміка призводить до створення робочих місць та залучення інвестицій у сталі технології, закладаючи основу для стійкої економіки.

Зв'язок 2. Фінансова спроможність та сила бізнесу завдяки Диджиталізації. Цифрова трансформація полегшує доступ бізнесу до інноваційних інструментів фінансування, дозволяє компаніям оптимізувати операції та підвищити продуктивність, це вирішальні фактори для забезпечення сталого зростання. Водночас Диджиталізація відкриває широкі можливості для місцевого малого та середнього підприємництва, зокрема для підтримки його «зеленого» переходу за допомогою енергозберігаючих технологій і рішень Індустрії 4.0.

Зв'язок 3. Розвиток екосистем через диджиталізацію. Диджиталізація широко передає переосмислення розвитку екосистем та покращує процес прийняття рішень завдяки прозорим даним. Такі технології, як дистанційне зондування та географічні інформаційні системи (ГІС), відіграють важливу роль у моніторингу здоров'я екосистем, виявленні проблем і розробці стратегій для їх відновлення та захисту. В аграрному секторі цифрові технології, такі як точне землеробство та розумні системи зрошення, сприяють зменшенню впливу на навколишнє середовище, підвищенню продуктивності й збереженню біорізноманіття.

Однак, ефективне впровадження цифровоорієнтованої моделі розвитку кліматично-нейтральної економіки потребує просування кількох напрямків підтримки:

- По-перше, глобальна інтеграція та адаптація цифрових технологій у виробничі цикли відіграє вирішальну роль. Також цифрова трансформація має потенціал для значного підвищення ефективності використання ресурсів та енергоспоживання, зокрема через оптимізацію ланцюгів постачання, розумне управління енергією та автоматизацію виробництва. Це включає впровадження інновацій, що зменшують вуглецевий слід та сприяють збереженню природних ресурсів.

- По-друге, сучасне управління кліматом вимагає прийняття рішень на основі прозорих даних. Отже, великі дані та аналітика дають змогу точно вимірювати та контролювати викиди парникових газів і визначати шляхи зменшення впливу на довкілля завдяки ефективнішому використанню ресурсів. Диджиталізація підвищує прозорість дій бізнесу та уряду щодо їхнього впливу на клімат, а технологія блокчейн дає змогу відстежувати вуглецевий слід продуктів і послуг у всьому світі.

- По-третє, створення сприятливої екосистеми для появи та зростання «зелених» стартапів і цифрових інновацій має вирішальне значення для вирішення екологічних викликів. Це передбачає забезпечення доступу до фінансування, менторства та рівних можливостей на ринку. Диджиталізація закладає основу для проривів у зеленій енергетиці, сталому сільському господарстві та управлінні водними ресурсами, сприяючи розробці й упровадженню інноваційних, ефективніших технологій.

- По-четверте, подолання цифрового розриву необхідне для забезпечення загального доступу до цифрових технологій та можливостей, які вони відкривають, у всіх країнах і регіонах. Це вимагає інвестицій в інфраструктуру та в освіту, навчання цифровим компетенціям, щоб кожна громада могла брати участь у цифровій економіці. Розробка освітніх програм, орієнтованих на цифрову трансформацію та її вплив на клімат, має вирішальне значення для підготовки

нового покоління професіоналів. Ці люди працюватимуть на стику технологій, екології й економіки, сприяючи інтеграції цифрових рішень у сталі практики.

Заохочення співпраці між різними секторами економіки, урядами, державними установами та науковою спільнотою має важливе значення для розгортання й розширення цифрових рішень, спрямованих на досягнення кліматичної нейтральності. Цифрові платформи та інструменти створюють міцну основу для міжнародного співробітництва, сприяючи обміну знаннями та передовим досвідом між країнами, бізнесом і громадянським суспільством. Ця комплексна стратегія використання цифрових засобів для вирішення кліматичних проблем підкреслює вирішальну роль міжсекторальної співпраці.

4.2. Моделі та практики переходу міжнародного бізнесу до кліматичної нейтральності крізь фокус ESG

Глобальний рух до кліматичної нейтральності світової економіки консолідує зусилля все більшої кількості міжнародних акторів у боротьбі за екологічну сталість індустріальних кластерів та окремих національних виробників. У цьому контексті посилюється тиск на міжнародні корпорації щодо відповідальності перед суспільством за збереження екосистеми планети та поступове зниження викидів до «чистого нуля» у відповідності зі світовими рамковими домовленостями [61]. Показовий приклад важливості інтенсифікації такого процесу – це програмні рішення щорічної міжнародної кліматичної конференції COP28 – авторитетного важковаговика у просуванні екологізації економіки. ДRAFT грудневої конференції 2023 року підкреслює нагальну потребу в масштабному скороченні викидів вуглецю національними економіками та збільшенні фінансової підтримки такої декарбонізації. Зокрема, реалізовано «глобальний перегляд»

і всебічну оцінку прогресу в досягненні цілей Паризької угоди, що показало необхідність посилення обсягів декарбонізації світової індустрії на 43% до 2030 року (порівняно з рівнем 2019 року) для утримання глобального потепління у критичному коридорі 1.5°C [332].

З іншого боку, забезпечення прозорості процесу переходу світової економіки до кліматичної нейтральності – важливе завдання, що потребує широкої інтеграції ESG-стандартів (екологічних, соціальних, управлінських) у стратегії розвитку міжнародного бізнесу. У сучасних дослідженнях прослідковується наратив щодо загальної ролі диджиталізації як глобального драйвера розвитку ESG-ідеології завдяки забезпеченню прозорості інформації, підтримки прийняття стратегічних рішень керівниками корпорацій, сприянню технологічним зеленим інноваціям та їх міжнародному трансферу [386, 252]. Інший напрямок – позиціонування важливості цифрових технологій в частині створення автоматизованих систем управління у компаніях для покращення якості ESG-звітності. Також це має значнішу роль для залучення інвестицій та зниження вартості капіталу в сучасних умовах інтенсифікації світового зеленого переходу [171]. Новаторський науковий вектор – розробка інноваційних програмних фреймворків для міжнародних корпорацій, таких як ESG Maturity, спрямованих на подолання інформаційних викривлень у звітності через забезпечення надійного та вимірюваного підходу до ESG-метрик та великих даних [56]. Інші дослідження акцентують увагу на позитивному впливі інновацій Індустрії 4.0 на ефективність ESG-підходу та покращенню внутрішніх процесів ESG-звітності, особливо у енергетичному секторі [4, 378]. Науковці також розглядають цифрову трансформацію як чинник репутаційної прозорості за рахунок поступового культивування високого рівня довіри до ініціатив ESG. Як зазначають дослідники [322], відсутність глобальних універсальних стандартів ESG-звітності може призводити до так званого «грінвошингу» – спекуляції міжнародних корпорацій та

окремих брендів на зеленій тематиці й декарбонізації власних продуктів та сервісів. Також застосування цифрових рішень породжує низку викликів та питань, зокрема щодо ефективності технологій й їх зрілості, безпеки даних, доступності ресурсів та інтеграції «зелених» цифрових інструментів у корпоративну культуру міжнародних корпорацій.

Аналіз досліджень показав суттєву еволюцію концепції ESG за останні роки та підтвердив її вагомий роль у просуванні прозорості й сталості сучасних бізнес-практик, зокрема у вирішенні проблем, пов'язаних зі зміною клімату. Хоча диджиталізація є важливим чинником реалізації ESG-ініціатив, залишаються без відповіді важливі питання щодо стратегування цього процесу, стандартизації ESG-звітності, визначення прикладних можливостей застосування цифрових рішень для переходу міжнародного бізнесу до кліматичної нейтральності.

Згідно з масштабним дослідженням сталого розвитку, анонсованого аналітиками Reuters Impact наприкінці 2023 року, сучасні керівники міжнародних корпорацій стикаються з трьома найскладнішими групами викликів [305]:

1) суспільно-економічний тиск, пов'язаний із декарбонізацією діяльності бізнесу через необхідність досягнення кліматичної нейтральності;

2) стрімке посилення регуляторних вимог та нормативних стандартів щодо екологізації для більшості світових індустрій;

3) запровадження складніших вимог до звітності та складність диверсифікації бізнес-ризиків, пов'язаних із дотриманням ESG-стандартів.

Вказані проблемні напрямки спонукають світові корпорації до пошуку нових рішень у сфері «зеленого» переходу, зокрема через призму залучення інноваційних технологій та інструментів цифрової трансформації.

Тріада ESG-концепції (англ. environmental, social, governance – відповідно “довкілля”, “соціальна сфера”, “корпоративне управління”) охоплює широкий спектр факторів

екологічної стійкості, захисту споживачів, гендерного розмаїття, забезпечення рівної оплати праці для працівників тощо. Також включення екологічних, соціальних та управлінських факторів поряд із традиційною фінансовою аналітикою є додатковим маркером корпоративної ефективності [171].

Аналіз відкритих інтернет-платформ з міжнародною бізнес-аналітикою показує посилення інформаційного запиту щодо ESG-метрик для управління екологічними, соціальними та управлінськими даними, оптимізації ризиків сталого розвитку та декарбонізації. Хоча фактичним орієнтиром ESG-звітності є вимоги до звітності за Розділом 3, передбачені Директивою Європейського Союзу про корпоративну звітність зі сталого розвитку (CSRD), загальновизнаний та нормативно затверджений стандарт з ESG-звітності відсутній [322]. Водночас, підтримка ESG-ініціатив – стратегічно важливий напрям, зважаючи на динамічне зростання обсягів інвестицій у сталий розвиток, чого очікують понад 80% сучасних міжнародних корпорацій у найближчі роки [305].

Незважаючи на загальносвітовий масштаб проблеми, у міжнародному науковому дискурсі здебільшого превалює думка, що Європейський Союз випереджає Північну Америку в питаннях сталого розвитку та «зелених» ініціатив. Проте, результати експертних опитувань відображають незначні розбіжності між корпораціями цих регіонів, що дозволяє розглядати обидва континенти як хедлайнерів переходу світової економіки кліматичної нейтральності [342]. Незначні відмінності є у підході до кліматичного стратегування. Наприклад, корпорації Європи більш схильні інвестувати в платформи управління даними ESG та рішення з управління ризиками сталого розвитку, ніж ті, що працюють у Північній Америці, зокрема через суворіші вимоги до звітності. Бізнес, що працює у Північній Америці, продемонстрував більшу схильність до інвестування в рішення з управління викидами в короткостроковій перспективі на противагу довгостроковому плануванню стратегій декарбонізації корпораціями ЄС.

Дослідження показало, що великі міжнародні корпорації ймовірніше готові до збільшення фінансування сталого розвитку стосовно «зеленого» переходу, ніж малі та середні підприємства, що безпосередньо корелює з рівнем доходу бізнесу та обсягом його вуглецевого сліду (рис. 4.6).

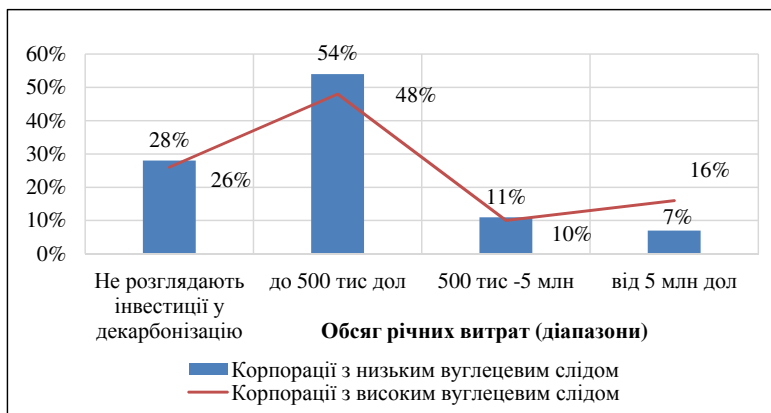


Рис 4.6. Витрати міжнародних корпорацій на «зелений» перехід в частині стратегій сталого розвитку

Джерело: Систематизовано, узагальнено та згруповано за даними [305]

Такий розподіл свідчить про достатньо високий рівень відповідальності та готовності більшості компаній, що генерують великі обсяги викидів вуглецю, до змін і реалізації стратегічних дій з метою досягнення кліматичної нейтральності економіки. Близько половини міжнародних корпорацій схильні закладати порівняно невеликі бюджети у «зелений» перехід, водночас, 16% міжнародного бізнесу з великим карбоновим слідом готові витратити понад 5 млн на проекти декарбонізації щорічно у межах власних корпоративних стратегій сталого розвитку щороку.

Варто зазначити, що близько третини міжнародних корпорацій усе ще не розглядають фінансування декарбонізації своєї діяльності. Таке рішення пов'язане, з одного боку, з

недостатністю регуляторного впливу в питаннях впливу на клімат, з іншого – з нерозумінням власниками корпорацій механізмів та можливих технологічних інструментів для зменшення власного вуглецевого сліду.

Отже, диджиталізація – ефективний інструмент подолання існуючого лагу та залучення все більшої кількості корпорацій до «зеленого» переходу.

Сучасний цифровий мейнстрім пропонує широке коло інструментів та технологічних рішень, що можуть ефективно використовуватися міжнародним бізнесом в питаннях управління кліматичною сталістю компаній задля зменшення власного карбонового сліду (рис. 4.7).



Рис. 4.7. Оцінка ефективності цифрових рішень в питаннях сталого розвитку та декарбонізації бізнесу

Джерело: Систематизовано, узагальнено та згруповано за даними [305, 342]

Загалом, існує високий рівень задоволеності учасників міжнародного бізнес-середовища ефективністю сучасних цифрових інструментів та технологій, пов'язаних з «зеленим» переходом економіки.

З наведеного переліку цифрових рішень, датчики та «розумні» лічильники для збору даних отримали найвищий

рейтинг ефективності (91%), адже надійний збір даних обов'язковий для точності ESG-звітності. Варто зазначити, що нині такі датчики для збору даних – одні з найпростіших цифрових рішень з точки зору легкості впровадження [386, 56]. Відтак, їх можна розглядати як базовий крок до реалізації цифрового-зеленого переходу корпораціями, спрямований на забезпечення моніторингу інформації та її прозорості.

Інструменти управління даними, однак, отримали менш сприятливі оцінки. Такі інструменти, як системи планування ресурсів підприємства для збору даних (23%), системи управління даними ESG (17%), інструменти обліку викидів (23%) та блокчейн для використання у логістиці і ланцюгах постачання (31%), були серед технологій, що оцінені як складні або дуже складні для впровадження.

Такі результати показують досить вагомий виклик для міжнародних корпорацій, пов'язаний з необхідністю інтеграції цілої низки цифрових технологій. Незважаючи на складність технологічного опанування, вони критично важливі для реалізації «зеленого» переходу. З іншого боку, такий широкий перелік технологій свідчить про різноманітність лінійки діючих цифрових рішень на міжнародному ринку та широту підходів до вирішення задач досягнення кліматичної нейтральності економіки.

Варто підкреслити, що незалежно від регіональних відмінностей, енергетика та декарбонізація – найпріоритетніший напрямок сталого розвитку для більшості міжнародних корпорацій. Понад 80% міжнародних компаній обрали сектори енергетики та декарбонізацію серед трьох основних стратегій сталого розвитку, причому майже половина (48%) визначили її ключовим пріоритетом на найближчі роки (рис. 4.8).

Отже, більшість стратегічних пріоритетів сталого розвитку міжнародних корпорацій безпосередньо пов'язані зі зменшенням викидів вуглецю, що є ключовою детермінантою досягнення кліматичної нейтральності у найближчі декади. Водночас, більшість задач декарбонізації може бути успішно вирішено за умов інтеграції існуючих цифрових рішень [218].

Аналітичні прогнози передбачають, що витрати міжнародних корпорацій на зелений перехід та сталий розвиток стрімко зростатимуть наступні три роки [69]. Це передбачає підвищення операційної ефективності та інвестицій у цифровий-зелений перехід, зокрема відновлювані джерела енергії з метою безпосереднього скорочення викидів. Відтак, аналітика великих даних стає одним з найзатребуваніших цифрових інструментів, що дозволяє задовольнити попит стейкхолдерів на якісні метрики ESG, їх систематизацію та моніторинг.

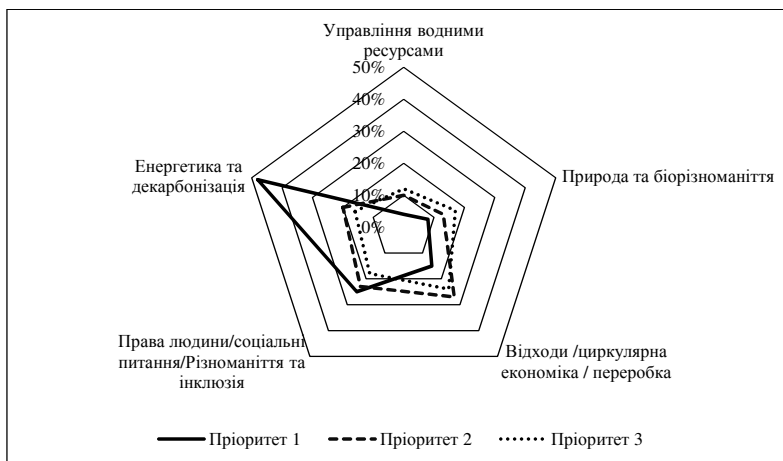


Рис. 4.8. Пріоритети реалізації стратегій сталого розвитку міжнародними корпораціями в частині «зеленого» переходу економіки

Джерело: Систематизовано, узагальнено та згруповано за даними [305]

Наведений висновок співвідноситься з альтернативним дослідженням, проведеним міжнародною інвестиційною компанією JLL у жовтні 2023 року серед вибірки корпорацій з різних континентів [172]. Його аналіз показав, що 45% малого та середнього бізнесу планують впровадити цифрові технології для управління енергією та викидами вже наступного року. Водночас, використання інструментів

аналізу даних та моделювання зросло на 14% порівняно з результатами аналогічного дослідження 2022-2023 років.

Зазначимо, що у впровадженні ефективних цифрових рішень зацікавлені не тільки міжнародні корпорації, які й продукують карбоновий слід. Нині різноманітні міжнародні аналітичні організації, кредитні рейтингові агентства посилюють свої зусилля з виявлення екологічних, соціальних та управлінських ризиків для корпорацій, оскільки інтерес світової спільноти до сталих інвестицій зростає на тлі конкуренції з боку незалежних рейтингових компаній, що займаються оцінкою ESG-ризиків.

ESG-рейтинги стають невід’ємною частиною міжнародного інформаційно-аналітичного простору, проте їх формування та оцінка потребує високого рівня якості інформації. Найбільші ESG-агентства – MSCI та Sustainalytics зіткнулися з репутаційними викликами щодо надійності, прозорості та потенційного конфлікту інтересів. З іншого боку, оскільки ESG-фактори все більше впливають на стратегічні рішення міжнародних компаній та є критеріями інвестиційної привабливості, аналітикам доводиться докладати більше зусиль для виявлення та пояснення причинно-наслідкових зв’язків між ESG-факторами і виявити предиктори їх формування.

У цьому контексті диджиталізація є інструментом автоматизації збору даних та зростання довіри до «зеленої» звітності [322]. Наприклад, агенство S&P Global Ratings розробило окремий цифровий продукт «Оцінка ESG», він ширше розглядає ESG-метрики та публікує звіти, що включають відповідні ESG-ризики для різноманітних індустриальних секторів і окремих міжнародних компаній. Міжнародна агенція Fitch Ratings запровадила цифровий продукт для оцінки корпоративних позикових кредитів та інвестицій, що відображає не тільки відповідні ризики ESG-ризики, але й баланс між ними.

Інший кейс цифрового-зеленого переходу – міжнародна організація Carbon Disclosure Project (CDP), вона наразі

представляє глобальну цифрову некомерційну платформу, діяльність її спрямована на розкриття екологічної інформації. CDP співпрацює із 827 міжнародними інвестиційними організаціями з загальним щорічним оборотом 2,7 млрд дол., для того щоб мотивувати компанії до оприлюднення свого впливу на клімат, а також діяти заради його зниження [40]. Ефективна диджиталізація усіх процесів збору даних дозволяє генерувати списки з оцінками кліматичних, водних та лісових ресурсів для понад 3000 світових компаній. Цифровий аналітичний продукт «Клімат А» – щорічний перелік, до якого входять міжнародні компанії, визнані провідними у своїх зусиллях та діях по боротьбі зі зміною клімату у звітному році.

Діяльність зазначеної цифрової платформи досить ефективна. У 2023 році майже 400 міжнародних компаній (13%) отримали високу оцінку за лідерство в екологічній прозорості та результативність у пом'якшенні змін клімату.

Відповідно до методології оцінки для отримання статусу «А» компанії повинні забезпечити доступність та якість ESG-звітності та відповідати кільком критеріям, зокрема:

- досягти мінімальної порогової кількості балів за лідерство;
- систематично звітувати про валові показники викидів;
- повідомити про загальнодоступний 2-х річний план свого «зеленого» переходу;
- повідомити про короткостроковий цільовий показник викидів, підтверджений Ініціативою з науково обґрунтованих цілей;
- реагувати на запити громадськості тощо.

Наприкінці 2023 році компаніями, які отримали статус «А» у питаннях зміни клімату, стали міжнародні корпорації Danone, L'Oréal, Coca-Cola, Ford Motor Company, Hermes, Mitsubishi Electric Unilever plc та ін. Їх анонсовані кліматичні ініціативи спрямовані на скорочення вуглецевого сліду на 30% до кінця 2025 року за рахунок посилення цифрової трансформації виробництва.

Однак, досить складний виклик для більшості міжнародних корпорацій – механізм формування ESG-звітності. Наразі існують різні варіації розкриття інформації на основі міжнародних стандартів, наприклад TCFD (Рекомендації робочої групи з розкриття фінансової інформації, пов'язаної з кліматом), GRI (Стандарти глобальної ініціативи зі звітності) тощо. Нефінансові звіти дозволяють учасникам ринку структурувати інформацію про вплив компаній на навколишнє середовище та соціальну відповідальність ведення бізнесу, що дозволяє інвесторам оцінити їх довгострокову сталість.

Оцінка ризиків ESG необхідна, оскільки з плином часу вони можуть із високим ступенем ймовірності трансформуватися у фінансові виклики для корпорацій. Також це формує своєрідний канал комунікації зі всіма зацікавленими стейкхолдерами, а насамперед – діалог компанії зі своїм споживачем, де той може отримати відповідь на питання, що його турбують.

Інтеграція активів, обраних за ESG-метриками, стає дедалі більшою частиною глобальних інвестиційних портфелів. У своєму звіті «Тенденції, ризики та вразливості» [84] одна з найбільших міжнародних фінансових компаній ESMA зазначає, що на фондових ринках індекс ESG Leaders останні два роки значно випереджає попередній «некліматичний» підхід.

Нині всесвітньо визнаною є така система показників ESG (табл. 4.2).

Отже, деякі з цих показників охоплюють досить широкі категорії, що потребує від корпорацій розробки методології їх оцінки та збору відповідної інформації щодо під-критеріїв та оціночних метрик.

З огляду, на проаналізовані можливості диджиталізації у сфері зеленого переходу, доречно сформулювати такі рекомендації для посилення ESG-ініціатив на основі цифрової трансформації окремих процесів.

Група 1. Екологічні (E) показники.

Таблиця 4.2

Типове групування показників ESG

Екологічні показники		Соціальні показники		Показники корпоративного управління	
1		2		3	
E1	Викиди парникових газів	S1	Коефіцієнт оплати праці CEO	G1	Різноманітність складу правління
E2	Інтенсивність викидів	S2	Гендерне співвідношення оплати праці	G2	Незалежність правління
E3	Використання енергії	S3	Плинність кадрів	G3	Заохочувальна оплата праці
E4	Енергоємність	S4	Гендерне розмаїття	G4	Колективні переговори
E5	Енергетичний баланс	S5	Частка тимчасових працівників	G5	Кодекс поведінки для постачальників
E6	Використання води	S6	Відсутність дискримінації	G6	Етика та боротьба з корупцією
E7	Екологічна діяльність	S7	Рівень травматизму	G7	Конфіденційність даних
E8	Кліматичний контроль / Рада	S8	Глобальна охорона здоров'я та безпека праці	G8	Звітність ESG
E9	Кліматичний контроль / Управління	S9	Дитяча та примусова праця	G9	Практика розкриття інформації
E10	Зниження кліматичних ризиків	S10	Права людини	G10	Зовнішній контроль

Джерело: Систематизовано за даними [248]

Ці показники найважливіші з огляду на сучасні пріоритети корпорацій у декарбонізації власної діяльності та досягнення

кліматичної нейтральності світової економіки. Зазначимо, що результативність розвитку у цьому напрямку безпосередньо залежить від наявності у корпорації відділу зі сталого розвитку та візії у напрямку кліматичного менеджменту [18].

Цифрова трансформація має передусім стосуватися процесів збору даних по всіх техніко-економічних ланках діяльності корпорації, її подальшої систематизації та глибокого аналізу. Інший критично важливий напрямок диджиталізації – безпосередня автоматизація виробничих процесів та ланцюгів поставок, перегляд системи енергоспоживання, перегляд технологічних рішень із точки зору продукування карбонового сліду та розробка плану інноваційного оновлення діючих виробничих потужностей.

Необхідні цифрові рішення: хмарні технології; системи аналізу великих даних; датчики та лічильники; промисловий інтернет речей; технології розумного офісу тощо.

Група 2. Соціальні (S) показники.

Хоча ця група показників безпосередньо не дотична до проблеми кліматичної сталості, вона вагома у формуванні загальної стратегії сталого розвитку та обумовлює соціальну справедливість корпорації у реалізації «зеленого» переходу. У цьому напрямку диджиталізація – ефективний драйвер системного моніторингу соціальних показників із метою формування їх просторово-часової динаміки. Це основа для прийняття управлінських рішень та формування стратегії. Стосовно впливу на клімат, цифровий моніторинг соціальної компоненти ESG може охоплювати під-критерії гендерного балансу кліматичних ініціатив компанії, розриву в оплаті праці; соціальної захищеності та здоров'я у зонах найбільших викидів тощо.

Необхідні цифрові рішення: хмарні технології; корпоративні автоматизовані системи взаємодії з персоналом та клієнтами.

Група 3. Управлінські (G) показники.

Ця група показників важлива для просування «зеленого» переходу корпорацій, саме вона обумовлює загальну управлінську спроможність до реалізації еко-ініціатив, а з іншого боку – стійкість до наслідків змін клімату. Цифрові інструменти – потужний інструмент підтримки прийняття управлінських рішень та стратегування. У межах посилення цієї групи показників важливо налагодити канали комунікаційної взаємодії та співпраці з внутрішніми ланками корпорації та стейкхолдерами задля всебічного розуміння ESG-показників та цілей «зеленого» переходу.

Необхідні цифрові рішення: платформи для корпоративних комунікацій; цифрові мережі та медіа; у подальшому – системи підтримки прийняття рішень на основі ESG-звітності.

Отже, цифрова трансформація – важлива детермінанта у просуванні ESG-ініціатив міжнародними корпораціями, не обмежуючись лише зміцненням технологічних можливостей та підвищенням енергетичної ефективності у фарватері «зелених» змін. Вона також відіграє суттєву роль у сферах моніторингу та аналітики, сприяючи створенню ефективного цифрового екосистемного середовища, що підтримує глобальні зусилля щодо досягнення кліматичної нейтральності. Диджиталізація сприяє інтеграції передових технологій у стратегії сталого розвитку, забезпечуючи глибокий аналіз даних для прийняття обґрунтованих рішень, що відповідають ESG-стандартам. Водночас, це сприяє розширенню горизонтів для інновацій та кооперації на міжнародному рівні, підсилюючи зусилля корпорацій у вирішенні глобальних кліматичних викликів.

4.3. Проблематика узгодження кліматичних політик України-ЄС в контексті євроінтеграції та повоєнного відновлення

Подолання глобальних кліматичних викликів потребує спільних та скоординованих дій світової спільноти, зважаючи на всеохоплюючий масштаб проблеми та інтенсифікацію

негативного впливу більшості індустрій на екосистему планети. Незважаючи на широке розповсюдження парадигми європейського зеленого курсу, швидкість змін недостатня для досягнення нульового рівня викидів, запобігання незворотнім змінам клімату та побудови кліматично-нейтральної економіки відповідно до Паризької угоди [207]. Вагомий фактор такого відставання – незлагодженість кліматичних політик між різними країнами світу, зокрема через недостатню узгодженість програм розвитку окремих промислових регіонів та індустрій у контексті застосування єдиних стандартів та інструментів кліматичного управління [247, 364].

Окреслена проблематика особливо актуальна для України, зважаючи на активні євроінтеграційні прагнення та партнерство з ЄС у багатьох секторах сучасної індустрії. Відповідно до Угоди про Асоціацію з ЄС 2014 року (зі змінами 2018 та 2021 років), Угоди з ЄС 2022 року про участь України у Програмі ЄС LIFE та набуття офіційного статусу кандидата й перспективи початку перемовин, уряд взяв на себе низку важливих зобов'язань у сфері охорони навколишнього середовища та побудови зеленої економіки за принципами сталого розвитку. Цей вектор став наскрізним у формуванні євроінтеграційної політики, а його ефективна реалізація нині потребує посилення міждержавної співпраці України та ЄС у сфері боротьби зі змінами клімату через трансформацію національної індустрії. Пошук механізмів прискорення цього процесу – відкрите питання. Проте варто зазначити, що «зелений» перехід сучасної економіки відбувається на тлі всеохоплюючого мейнстріму цифрової трансформації суспільства, що дає підстави для дослідження можливостей диджиталізації не тільки як фактору індустріально-технологічного розвитку, але й як інструменту посилення ефективності кліматичних політик.

У сучасному науковому дискурсі можна виділити декілька напрямків дослідження імперативів формування ефективних кліматичних політик ЄС та їх реалізації в Україні.

Традиційно, ЄС розглядається з позиції авторитету та потужної нормативної сили у сфері поширення парадигми «зеленого» переходу серед країн учасниць кліматичних домовленостей [65]. В Україні такий наратив кліматичної політики ЄС реалізується через механізми контагіозного, процедурного, інформаційного, нормативного та культурного впливу [391]. Пріоритетний напрямок такої інтеграції кліматичної політики ЄС – секторальне впровадження екологічних стандартів в окремі галузі виробництва України [146]. Європейський зелений курс розглядається як шлях до зміни світових моделей споживання, а інтеграція кліматичних політик в Україні – можливість виходу економіки виходу на нові ринки «зеленої» продукції та енергетики [393].

Розглядаючи загальносвітове значення європейського зеленого курсу, колектив науковців [227] показав суттєві наслідки поширення кліматичної політики ЄС для формування ключових макроекономічних показників регіонів світу. Зокрема, автори відзначають, що досягнення нульових викидів світовою економікою до 2050 року призведе до значної індустріальної трансформації та втрат серед великих гравців бізнесу через скорочення «брудного» виробництва. З іншого боку, деякі автори висувають тезу про недосяжність повної декарбонізації економіки ЄС до 2050 року, хоча відтермінування цього часового маркеру для світової економіки може призвести до незворотності кліматичних змін та початку світової боротьби за природні ресурси [177, 300]

На сучасному етапі індустріального розвитку світова кліматична політика передбачає багаторівневу взаємодію різних учасників міжнародних відносин через формування та поширення системи комплексних заходів, інструментів та стратегічних програм щодо зменшення негативного впливу людської діяльності на клімат, зокрема регулювання викидів парникових газів, перехід до енергоефективних технологій та відновлюваних джерел енергії.

Сучасна кліматична політика ЄС спирається на цілий комплекс нормативних документів, програм та комюніке. Передусім, Паризька кліматична угода 2015 року, комплексна програма Європейського зеленого курсу 2019 року, нова Індустріальна стратегія ЄС 2020 року, Дорожня карта кліматичної нейтральності ЄС 2021 року. Важливу роль у зміцненні кліматичної політики ЄС відіграло впровадження єдиного «Європейського кліматичного закону», він був прийнятий Європарламентом та Радою Європейського Союзу у квітні 2021 року. Цей документ регламентує досягнення кліматичної нейтральності економіки ЄС до 2050, як ключову ціль європейської політики. Він також визначає нормативно-правові механізми для забезпечення поступового зменшення викидів парникових газів усіма індустріями.

Аналіз зазначених програм та документів показав поступове, але чітке зміщення акцентів європейської кліматичної політики від декларативних заяв та еко-популізму до впровадження приладних регуляторних механізмів, критеріїв та показників результативності, що окреслюють загальний принцип «забруднювач має платити», як для країн-членів ЄС, так і для його економічних партнерів. Цю тенденцію підтверджують раніше впроваджені кліматичні програми «20-20-20», «Зимовий пакет», «Чиста енергія для усіх європейців», що передбачили чіткі норми для зниження викидів та використання відновлювальної енергії усіма гравцями європейського економічного простору.

У цьому контексті слід виокремити затверджений програмний пакет «Fit for 55», він відрізняється радикальним поширенням кліматичних стандартів на усі індустріальні сектори ЄС, пропонує нову концепцію соціально-економічного розвитку та містить програму заходів щодо зниження викидів парникових газів на 55% до 2030 та подальшого досягнення нульового рівня у 2050 році [105].

Дослідження зазначеного документу дозволило виокремити імперативи, на які спиратиметься кліматична політика Європейського Союзу у найближче десятиріччя.

- По-перше, жорсткі вимоги до енергоефективності та розвиток базису водневої економіки. Встановлені критерії результативності передбачають скорочення енергоспоживання в країнах ЄС на 1,5% та стрімку енергомодернізацію мінімум 3% всього житлового фонду й об'єктів будівництва щорічно.

- По-друге, трансформація автомобільної галузі через перехід індустрії на електродвигуни або альтернативні водневі технології. Пакет Fit for 55 передбачає повне припинення продажів бензинових та гібридних авто до 2035 року та регламентує стрімке розширення інфраструктури електротранспорту і суттєву трансформацію мереж дистрибуції палива.

- По-третє, розширення системи торгівлі викидами ETS на усі види транспорту, включаючи судноплавство та сферу авіа-перевезень, яким досі вдавалося уникнути жорстких обмежень. Такий крок безумовно вплине на трансформацію логістичної системи ЄС та сферу торгівлі через зростання вартості перевезень вантажів.

- По-четверте, посилення податкового навантаження на викиди через впровадження механізму вуглецевого коригування імпорту CBAM (Carbon Border Adjustment Mechanism), що передбачає суттєве податкове навантаження на учасників ринку ЄС за вуглецевий слід їх продукції. Фактично, CBAM передбачатиме сплату імпортерами додаткових стягнень за екологічно брудну продукцію, що не відповідатиме системі вуглецевих норм та транспортуватиметься через кордон Європейського Союзу. Нині жорсткий механізм CBAM передбачено для екологічно найвиснажливіших індустрій: металургійної промисловості (залізо та сталь), цементу, добрив та енергетики. Програмою передбачено початок моніторингу кліматично агресивних виробників з кінця 2023 року, а початок стягнень – уже з початку 2026 року.

- По-п'яте, заохочення політики фінансової підтримки та розширення її джерел. Зважаючи на значні обсяги фінансових ресурсів для реалізації вказаних вище ініціатив, новизною програми ЄС є, з одного боку, створення нового Громадського

фонду по боротьбі зі зміною клімату, що акумулюватиме матеріальну допомогу учасникам європейського ринку через призму соціальної відповідальності та на засадах нових емісійних повноважень. З іншого боку, ЄС регламентує механізм масштабування діючого Фонду інновацій та модернізації за рахунок зосередження стягнених податків СВМ та коштів від виданих дозволів на викиди.

Вказані акценти сучасної кліматичної політики ЄС формують вагомий виклик для національних економік як країн-членів ЄС, так і країн-партнерів, зокрема через необхідність високотехнологічної трансформації важковаговиків індустрії, особливо у ресурсозалежних та енергоємних секторах господарювання. Через це кліматична політика ЄС розглядається у фарватері реалізації програм цифрового розвитку, таких як «Цифрова Європа» та «Зелені дані ЄС».

Ключовий імператив такої взаємодії – створення транс-кордонних інформаційних потоків, цифрових платформ, продуктів та сервісів для покращення ефективності реалізації кліматичних ініціатив. З іншого боку, завдяки впровадженню такої цифрової комунікаційної площини, нинішня кліматична політика ЄС окрім посиленого економічного впливу дозволить задіяти такий потужний важіль публічного тиску, як «неймінг-шеймінг» компаній, що не дотримуються принципів екологічної відповідальності. Це створить додаткові репутаційні та ділові ризики для бізнесу в країнах-партнерах, для яких стандарти кліматичної нейтральності ЄС є складним завданням.

Для України усі зазначені тренди кліматичної політики ЄС – орієнтир розбудови національного курсу кліматичного регулювання та стратегічного розвитку економіки не лише у фарватері євроінтеграційних процесів, але й з метою закладання підвалин зеленого повоєнного відновлення.

З часів ратифікації Україною Паризької угоди у 2016 році, національна кліматична політика активно імплементує досвід міжнародних домовленостей у сфері боротьби зі змінами клімату, що підтверджує цілий комплекс національних програм,

зокрема, «Національний план дій з енергоефективності на період до 2030 року»; «Концепція енергетичної стратегії України на період до 2035 року»; «Національна стратегія екологічної безпеки та адаптації до зміни клімату на період до 2030 року». Зазначені документи віддзеркалюють доктрину Європейського зеленого курсу та формують загальну концепцію розвитку України з урахуванням екологічних імперативів.

Суттєвим зрушенням у напрямку регулювання викидів можна вважати розробку Закону України «Про засади моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів» та «Стратегію низьковуглецевого розвитку України до 2050 року». Саме ці документи закладають підвалини створення системи торгівлі квотами на викиди парникових газів в Україні. Цей крок вкрай важливий для розвитку кліматично-нейтральної економіки та інтеграції у європейський простір, зважаючи на перспективи введення механізму CBAM з 2026 року.

Інтеграція політики вуглецевого коригування імпорту безпосередньо вплине на українських експортерів сталі, чавуну, хімічних добрив та електроенергії. Ці галузі – одні з потужних драйверів української економіки, проте через кліматичну агресивність виробництва підпадають під жорстке регулювання та додаткове податкове навантаження вуглецевого сліду. За попередніми аналітичними прогнозами додаткове фінансове навантаження на виробників сталі та чавуну України через CBAM оцінюється у 300-900 млн євро на рік при обсягах постачання 5,5 млн тонн, ціна викидів може варіюватися у діапазоні 25-75 євро/тонну [397].

Варто зазначити, що беручи до уваги довоєнний потенціал вітчизняного виробництва, гірничо-металургійна продукція складає 85% експорту України серед продукції, що підпадає під механізм CBAM, та 11% від загального експорту України до ЄС.

Зважаючи на військово-політичний контекст, на початковому етапі впровадження політики CBAM не зможе суттєво послабити позиції українських виробників сталі

порівняно з основними конкурентами з росії та Китаю, проте у стратегічній перспективі низький рівень декарбонізації виробництва може стати не тільки значним фінансовим тягарем, але й репутаційним бар'єром для торгівлі з ЄС із позицій кліматичної відповідальності.

Розглядаючи кліматичні політики ЄС та України у напрямку інтеграції та виконання зобов'язань за міжнародними кліматичними угодами, ключовим критерієм їх результативності залишається власне обсяг викидів парникових газів, що продукують національні індустрії.

Моделювання динаміки викидів парникових газів ЄС та України показало значну відмінність при різних сценаріях декарбонізації економіки та неможливість досягнення ЄС Паризької домовленості у встановлені часові проміжки 2030 та 2050 років (рис 4.9, 4.10).

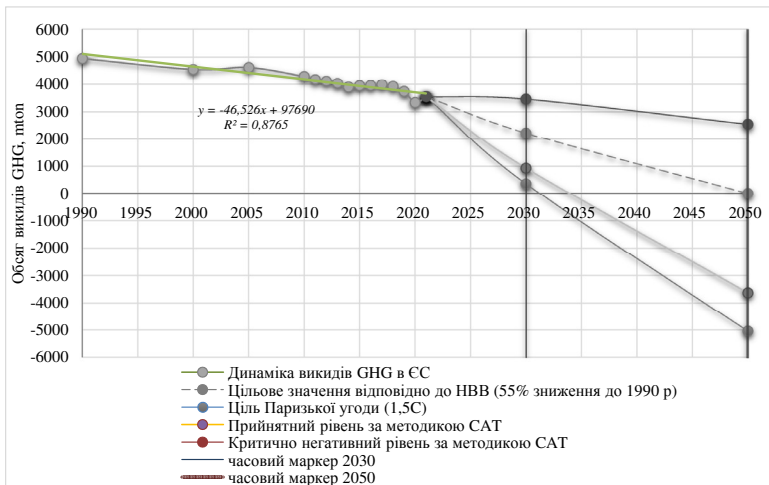


Рис. 4.9. Динаміка досягнення кліматичної нейтральності економіки ЄС

Джерело: побудовано автором з використанням статистичних даних [38, 392]

Отже, економіка ЄС впевнено рухається до цілей кліматичної нейтральності, проте спостерігається суттєва

розбіжність між критеріями скорочення обсягів викидів. Це ставить під сумнів досяжність встановлених Паризькою угодою норм декарбонізації економіки у регламентовані часові періоди 2030 та 2050 року. Зазначимо, що цей сценарій потребує значно жорсткішої кліматичної політики у розрізі обмежень викидів та енергоефективності, адже спрямований на втримання приросту температури глобального потепління в межах до 1,5С. Реалістичнішим видається поточний курс ЄС, згідно якого країни досягнуть зниження викидів вже 2030 року за встановленим національним внеском 55% відносно до 1990 року (або 37,2% відносно до 2021) та нульового рівня у 2050 році. Проте, такий поступ недостатній з огляду на незворотні екологічні наслідки індустріальної діяльності та не дозволить втримати темпи глобального потепління в необхідному діапазоні. Згідно бачення міжнародної кліматичної організації САТ, ЄС має не тільки вийти на нульовий рівень викидів, але й показати його від'ємну динаміку до 2050 року, що свідчитиме не тільки про «зелений» процес виробництва, але й про процеси абсорбції парникових газів із навколишнього середовища. Необхідність терміновості впровадження такої політики обумовлена тим, що ЄС разом з США та Китаєм входить до трійки лідерів світового виробництва та є одними з найбільших генераторів вуглецю.

Однак, для досягнення такого темпу декарбонізації, заходи кліматичної політики ЄС мають забезпечити скорочення викидів на 73% вже 2030 року (порівняно з 2021 роком), а до 2050 року рівень компенсації вуглецю з екосистеми має становити близько -3600 мегатон на рік, що еквівалентно тому, скільки індустрії ЄС продукують зараз. Отже, для забезпечення запрограмованого кліматичного курсу, економіка ЄС має зменшити вуглецевий слід майже учетверо за найближчі 8 років (327 мегатон щорічно). Це потребуватиме від економіки ЄС суттєвого «кліматичного стрибка» до нейтральності, адже згідно динаміки останнього десятиріччя темпи скорочення викидів в ЄС складають в

середньому 46,5 мегатон на рік, що усемеро менше потрібного темпу. Наведені спостереження підтверджують доцільність впровадження інструментів прискорення кліматичних змін. Цифрова трансформація індустрії може розглядатися як драйвер прискорення світової декарбонізації, забезпечуючи нові можливості для підвищення ефективності використання ресурсів та загальної енергоефективності виробництва, зменшення викидів парникових газів та впровадження нових технологій їх абсорбції, а також завдяки формуванню єдиного інформаційного простору щодо боротьби зі змінами клімату [216]. Вагомий фактор також – високий потенціал цифрової галузі до зростання. За оцінками аналітиків до 2030 року Індустрія 4.0 в ЄС забезпечуватиме щорічне зростання на рівні 16,5% [96].

Натомість, в Україні спостерігається дещо інша ситуація з динамікою викидів та оцінкою результативності кліматичних політик (рис. 4.10).

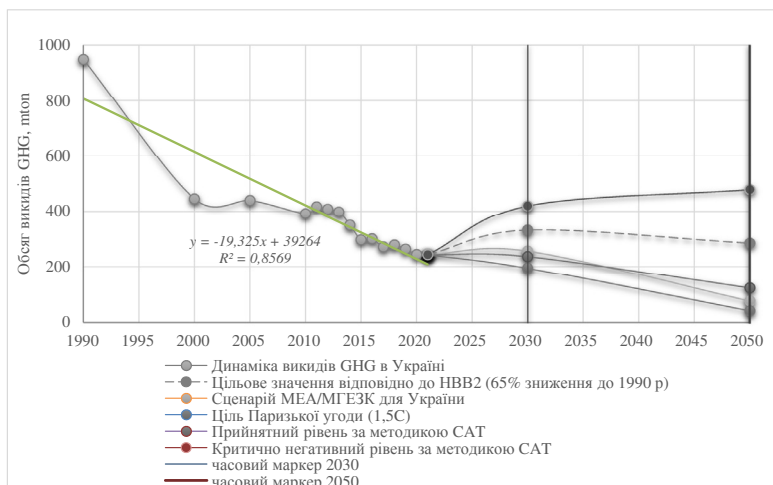


Рис. 4.10. Динаміка досягнення кліматичної нейтральності економіки України

Джерело: побудовано автором з використанням статистичних даних [38, 392]

В Україні спостерігається відчутна динаміка до скорочення обсягів викидів, що більше обумовлена історичними та геополітичними причинами, а не впровадженням сучасних інструментів кліматичної політики. Зниження обсягів виробництва після розпаду Радянського Союзу та подальші коливання ВВП внаслідок кризових явищ у 2008, 2014 роках та початку повномасштабної війни з 24 лютого 2022 році, призвели до падіння вуглецевого сліду вітчизняної індустрії через скорочення масштабів економічної діяльності.

Аналіз показує суперечливість встановлених Україною критеріїв реалізації кліматичної політики порівняно з обсягами скорочень, необхідних для декарбонізації національної економіки відповідно до бачення світових організацій та підписаних угод. 2021 року Україна оголосила про впровадження другого національного внеску НВВ2 на рівні 65% скорочення викидів відносно рівня 1990 року, що еквівалентно досягненню 330 мегатон викидів на рік у 2030 році. Проте, такого зниження національна економіка досягла ще у період підписання Паризької угоди 2016 року (300,3 мегатон/рік), після чого показники викидів продовжили поступове падіння до 243 мегатон у 2021 році. Відтак, національна програма кліматичної нейтральності закладає можливість суттєвого збільшення викидів вуглецю на 36% у найближчі 8 років, що суперечить ключовим принципам світової політики зі скорочення парникових газів.

Такий парадоксальний лаг можна пояснити риторикою щодо потенційного зростання ВВП у найближчі роки після закінчення війни та стрімкий економічний стрибок України внаслідок програм підтримки ЄС, що буде супроводжуватися масштабуванням металургії, транспорту, будівництва та інших енергоємних галузей. Проте, таке індустріальне зростання має бути «зеленим» та кліматично нейтральним, що дозволить Україні втримати вже досягнуті темпи декарбонізації (19,3 мегатон/рік) та забезпечити інтеграцію зі світовими кліматичними стандартами. Такий підхід підтверджується розрахунком цільового показника викидів

відповідно до сценарію Міжнародної енергетичної агенції, розробленого для України спільно з Міжурядовою групою експертів з питань змін клімату. Згідно цього підходу до 2030 року економіка України має втримати рівень викидів на позначці 2021 року (256,2 мегатон/рік), а потім досягти його поступового зниження на 90% до 2050 року.

Зважаючи на зазначене, виникає необхідність інтенсифікації заходів національної кліматичної політики та орієнтації вітчизняного кліматичного курсу за жорсткішими критеріями обсягів викидів. Цей висновок підтверджується розрахунками необхідного обсягу викидів національної економіки відразу за двома сценаріями: ціль Паризької угоди (194,5 мегатон/рік у 2030 році, рівень зниження 79,5% відносно 1990 року) та методика CAT (236,5 мегатон/рік у 2030 році, рівень зниження 75% відносно 1990 року). Отже, встановлене поточне значення HVB2 на рівні 65% на практиці має бути збільшене принаймні до 75%, щоб відповідати кліматичній політиці ЄС та курсу кліматичної нейтральності.

Аналізуючи результативність кліматичних політики України та ЄС у контексті їх інтеграції, основні перешкоди інтеграції кліматичних політик України та ЄС такі:

- різний рівень розвитку технологій та інфраструктури;
- можливості ресурсного забезпечення для імплементації спільних політик;
- різні стандарти та розуміння екологічної безпеки;
- різний рівень розвитку кліматичного управління та моніторингу на рівні держави та окремих галузей;
- різний рівень усвідомленості кліматичної проблематики учасниками економічного простору та громадянами;
- розбіжність в обсягах фінансових інструментів для реалізації зеленого переходу;
- відмінності стандартизації у нормативно-правовому забезпеченні кліматичних політик;
- несприятливий інвестиційний клімат в Україні, геополітична нестабільність та військовий стан.

Диджиталізація сприятиме подоланню зазначених інтеграційних бар'єрів України та ЄС у сфері кліматичної політики завдяки комплексному застосуванню сучасних цифрових інструментів:

1. Системи моніторингу та аналізу даних про зміну клімату. Використання датчиків, дронів, супутникових технологій для глибокої аналітики змін клімату та викидів у розрізі діяльності окремих індустрій та регіонів України та ЄС.

2. Застосування концепції «великих даних», як інструменту оцінки поточного стану кліматичних змін та прогнозування наслідків.

3. Створення інформаційних платформ та міжнародних дослідницьких кластерів України-ЄС для безпосередньої розробки і впровадження інноваційних технологій у сфері енергоефективності, відновлюваної енергетики та інших сферах, пов'язаних зі зменшенням викидів парникових газів. Використання штучного інтелекту сприятиме вдосконаленню енергоефективності будівель та оптимізації енергетичного споживання.

4. Інтеграція цифрових інструментів у мережу кліматичної дипломатії та комунікацій України-ЄС. Зокрема, через розвиток веб-порталів, мобільних додатків, соціальних мереж та навчальних матеріалів задля залучення громадськості до процесу прийняття рішень і зростання усвідомленості гравців економічного простору України щодо можливостей, напрямків та джерел проєктів зеленої трансформації.

5. Розвиток цифрової освіти, спільних освітніх та наукових програм у сфері кліматичного управління з метою майбутнього подолання розриву в ресурсному забезпеченні проєктів та формування екологічного мислення.

6. Інтеграція цифрових інструментів фінансового та державного секторів (FinTech та GovTech) для прозорості процесів взаємодії у контексті реалізації спільних інвестиційних програм у сфері боротьби зі зміною клімату.

7. Взаємне визнання систем моніторингу та звітування про кліматичні зміни та їх наслідки, поступове впровадження в Україні інформаційного забезпечення моніторингу екологічної інформації відповідно до стандартів ЄС. Створення єдиної цифрової платформи нормативно-правового забезпечення.

8. Створення спільної електронної системи торгівлі викидами у першу чергу для продукції, що підпадає під механізм CBAM.

Нині Україна зацікавлена у розробці зазначених інструментів, враховуючи євроінтеграційні прагнення, перспективи повоєнного відновлення та посилення економічного партнерства з ЄС, що все більше посилює важелі кліматичного тиску на виробників.

Війна, розпочата російською федерацією проти України, загострює проблематику кліматично-нейтрального розвитку не тільки з позицій економічних впливів, але й через суттєве збільшення вуглецевого сліду (рис. 4.11).



Рис. 4.11. Напрямки вуглецевого навантаження під час війни

Джерело: узагальнено авторами на основі аналізу [394]

Зазначимо, що наведені напрямки формування викидів значно збільшують вуглецевий слід України, є додатковим тягарем для економіки в частині компенсації та мають бути повністю ліквідовані у повоєнній перспективі за рахунок відповідних стягнень з росії.

Такі викиди важко прорахувати досить точно, втім, нині дослідження впливу війни на клімат досить ретельно проводиться міжнародними експертами ЄС спільно з платформою Екодія [394]. За попередніми оцінками, за перший рік російсько-української війни на території України було утворено додаткові 120 мегатон вуглецю [394], що майже еквівалентно річному вуглецевому сліду національної економіки у довоєнний період. Відтак, у зв'язку з війною Україна несе подвійне вуглецеве навантаження, що на тлі економічного спаду ускладнює просування до кліматичної нейтральності. З іншого боку, це загострює необхідність пошуку та впровадження низьковуглецевих практик вже зараз для забезпечення кліматичної нейтральності відбудови.

Особливості структури вуглецевого сліду військової економіки наведено нижче (рис. 4.12).

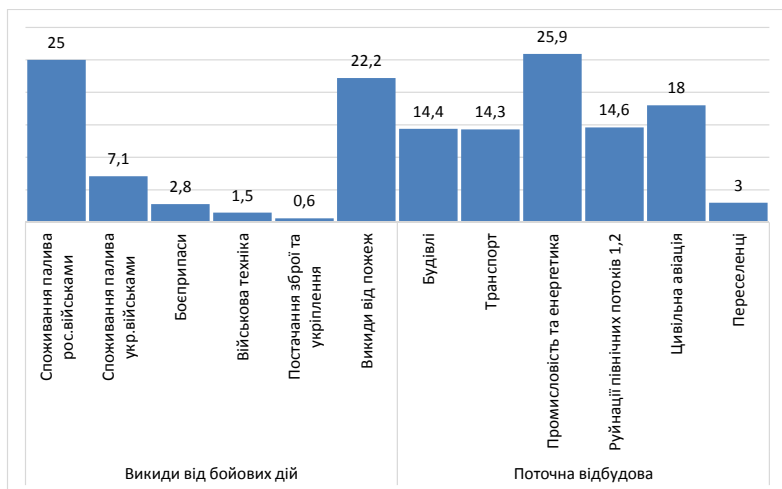


Рис. 4.12. Структура додаткового вуглецевого сліду економіки України під час війни

Джерело: згруповано на основі статистики [394]

Отже, викиди від бойових дій складають 40% поточного вуглецевого сліду війни в Україні, а їх лівова частка утворена

внаслідок спалення палива російськими загарбниками та спричиненими пожежами. Проте, поточна відбудова супроводжується генерацією ще більшої частки вуглецевого сліду (до 60%), майже половина якого утворюється під час відновлення промислових підприємств на енергетики. На практиці, наведені показники можуть бути ще вищими, адже окреслена статистика не враховує вуглецевого сліду, утвореного внаслідок релокації бізнесу та можливі призупинення зелених ініціатив на діючих великих підприємствах внаслідок кризового стану, часткового руйнування чи втрати активів.

Зазначимо, що наведені показники стосуються відбудови потужностей та зруйнованої інфраструктури. У цих умовах досить важко забезпечити зелені стандарти будівництва чи транспорту, якщо вони не були розроблені та уведені раніше. Надалі модернізація та відновлення економіки України потребуватиме значно більших ресурсів та, відповідно, вуглецевої інтенсивності. Ризики зростання викидів при цьому можуть бути значно знижені за умов своєчасної розробки стратегій зеленого відновлення за принципами кліматичної нейтральності.

Відтак, зелене повоєнне відновлення економіки України на засадах кліматичної нейтральності критично важливе для забезпечення сталого майбутнього країни та реалізації її євроінтеграційних прагнень.

Його ключові аспекти охоплюють такі важливі питання (рис. 4.13).

Обрані складові пояснюються такими міркуваннями.

Один із ключових аспектів – імплементація концепції сталої диджиталізації в реаліях військового стану та повоєнної відбудови. Україна активно інтегрує цифрові рішення у різні напрямки соціально-економічної системи та державного управління, що дозволяє говорити про досить міцні підвалини використання можливостей диджиталізації для зеленого переходу. Втім, задачі повоєнної відбудови потребують повсюдної цифрової трансформації вітчизняних індустрій та швидших темпів подолання цифрового розриву.



Рис. 4.13. Аспекти зеленої відбудови України для забезпечення кліматичної нейтральності

Джерело: визначено авторами

Зважаючи на те, що військові дії призводять до значного забруднення ґрунтів, води та повітря через руйнування інфраструктури, використання зброї, та витоки шкідливих речовин, першочергове завдання – провести екологічну реабілітацію, очищення та відновлення природних екосистем. З іншого боку, важливо закласти імператив компенсації викидів у повоєнне економічне зростання. Це передбачає залучення суб'єктів відбудови до реалізації моделі ЄС «знижуйте-компенсуйте» вже з перших кроків відновлення. Під час відновлення зруйнованої інфраструктури необхідно використовувати новітні енергоефективні технології та максимально інтегрувати відновлювані джерела енергії. Це може включати будівництво «зелених» будівель, використання сонячної, вітрової енергії та розвиток інфраструктури для зберігання та розподілу енергії.

Зазначимо, що повоєнна відбудова надає унікальну можливість розбудувати деякі промислові кластери фактично «з чистого аркуша», зокрема перейти до сучасніших практик виробництва та управління, орієнтованих на досягнення кліматичної нейтральності, циркулярності та сталості у цілому. Це передбачає зменшення відходів, повторне використання ресурсів та матеріалів задля забезпечення довгострокової стійкості національної економіки у повоєнній перспективі.

В Україні важливий напрямок зеленої відбудови – розвиток розумного сільського господарства. Відновлення аграрного сектора має ґрунтуватися на принципах сталого розвитку та диджиталізації, включаючи органічне землеробство, скорочення використання хімічних добрив та пестицидів, упровадження технологій точного землеробства. Це сприятиме збереженню родючості ґрунтів, зменшенню викидів парникових газів та забезпеченню продовольчої безпеки у повоєнній перспективі.

Не менш важливий аспект – урбаністичне планування з урахуванням кліматичних викликів. Повоєнна реконструкція міст повинна враховувати потреби кліматичної адаптації та стійкості. Важливо інтегрувати зелені рішення паралельно з упровадженням інформаційних систем розумного управління містом для зниження викидів, підвищення якості життя та безпеки.

Повоєнне відновлення має передбачати заходи для збереження та відновлення біорізноманіття, постраждалого внаслідок конфлікту. Це включає охорону природних територій, реінтродукцію видів, що зникли з деяких регіонів, та створення мережі природних коридорів. Цікавим прикладом такого врегулювання стане кейс відновлення Каховської ГЕС із урахуванням нового економічного та екологічного контексту.

Для реалізації масштабних проєктів зеленого відновлення Україна повинна залучити міжнародну фінансову та технічну допомогу, співпрацювати з міжнародними організаціями та інвесторами, що підтримують проєкти, спрямовані на зниження викидів парникових газів та досягнення кліматичної

нейтральності. Зважаючи на те, що нині Україна практично не представлена у проектних заявках глобальних кліматичних фондів, цю ситуацію слід виправити з огляду на масштабні цілі повоєнного відновлення.

У контексті зазначених міркувань, диджиталізація постає своєрідним бустером глобального інформаційного середовища, що охоплює широке коло: громадськість, владу, бізнес, профільних експертів, науковців, освітян задля спільної розробки та формування інструментів кліматичної політики, що забезпечить ширше розуміння і підтримку кліматично орієнтованих програм усіма гравцями міжнародного економічного простору.

Зважаючи на це, взаємна реалізація кліматичних політик разом із програмами цифрового розвитку дозволить досягти їх взаємного посилення та зростання результативності стратегії кліматичної нейтральності в Україні та Європейського Союзу.

ВИСНОВКИ

Кліматично-нейтральна економіка формує нову хвилю світового сталого розвитку, що пропонує трансформувати систему господарювання у бік максимального зниження вуглецевого сліду. Актуальність та своєчасність такого переходу обумовлена усе жорсткішими та глобальними проявами наслідків зміни клімату, що спричинені антропогенною діяльністю людини.

Багаторічний бекграунд кліматичної кризи призвів до надзвичайної багатовекторності її наслідків, що спостерігаються нині в усіх секторах світової економіки та потребують кращої консолідації міжнародних зусиль. Втрати світової економіки від зміни клімату охоплюють загальне зниження доданої вартості, падіння доходів бізнесу, мезоекономічні наслідки на постраждалій території, такі як тимчасове безробіття, вплив на локальні індустрії, зміни у сільськогосподарських практиках, простої виробництва, порушення в ланцюгах постачання тощо.

За останні пів сторіччя міжнародна спільнота сформувала кілька потужних майданчиків під егідою міжнародних організацій та країн-лідерів для адресації кліматичних викликів та розробки стратегій спільних дій. У результаті їх роботи було сформовано міжнародні ініціативи, програми та угоди, які стали бустерами світового конвергентного руху до кліматичної сталості (Київський Протокол, Паризька Угода, Зелена Угода та інші). Важливим результатом стало формування глобального розуміння, що ключовим об'єктом трансформації у зниженні викидів є саме світова економічна система, яка потребує розробки відповідних механізмів, пошуку драйверів прискорення, інтенсифікації міжнародних зусиль та залучення широкого кола сторін.

Аналіз виконання міжнародних зелених домовленостей показав, що їх ефективність досягається за умов всеосяжного

залучення держав до підписання угод та їх офіційну ратифікацію; наявність чітко визначених цілей щодо скорочення викидів; регулярне проведення проміжних міжнародних конференцій для оцінки досягнень у виконанні угод; інтеграцію гнучких підтримуючих механізмів, особливо для країн, що розвиваються; забезпечення зрозумілості положень зелених декларацій для різноманітних груп зацікавлених сторін; поширення вдалих практик, що вже були реалізовані в Європейському Союзі, та відкритість до нових підходів; проактивне багатостороннє співробітництво держав у процесі скорочення викидів.

Однак, незважаючи на вагомі напрацювання у сфері спільних кліматичних рішень, світова економіка демонструє стрімке зростання вуглецевого сліду, що ставить під сумнів реалістичність сценарію «чистих» викидів до 2050 року. Аналіз різноманітних індексів показав, що для сучасного світу характерна висока диференціація країн за індикаторами зеленого зростання та цифрової конкурентоспроможності. Європейський Союз залишається безумовним прикладом кліматичного лідерства, показуючи найвищі результати у розбудові кліматично-нейтральної економіки. Однак, попри скорочення викидів в ЄС, загальні обсяги CO₂ на глобальному рівні продовжують зростати. Це свідчить про певні маркери дивергентних тенденцій, коли на тлі скорочення викидів в одних регіонах світу, інші держави-важковаговики індустрії не приділяють достатньо уваги стратегіям кліматичної нейтральності, ігноруючи міжнародні домовленості.

Ключові принципи забезпечення кліматичної нейтральності світової економіки:

- ефективне використання ресурсів, особливо енергетичних;
- пріоритет низьковуглецевих рішень у прийнятті рішень;
- декарбонізація як стратегія; інклюзивний доступ до зелених-цифрових технологій;
- спільна політика та регулювання; підтримка інновацій.

Нині більшість розвинених країн світу має досить високі показники цифрової конкурентоспроможності, що свідчить

про технологічну та інфраструктурну готовність держав до впровадження сучасних проектів диджиталізації індустрії, спрямованих на досягнення кліматичної нейтральності.

Диджиталізація як драйвер кліматичної нейтральності передбачає широке використання цифрових технологій повсюдної аналітики, блокчейну, супутникових рішень, енергетичних послуг, мікро- та макро-мереж для моніторингу та підтримки прийняття рішень. Створення цифрових двійників реально діючих індустріальних об'єктів, міст та кластерів екосистем виокремлюється як перспективний напрям посилення цифрово-зеленого переходу, що дозволяє інноваціям та розробці більш сталих рішень.

Детермінанти гармонізації цифрової та зеленої трансформації:

- адаптивні цифрові стратегії, планування зеленого курсу,
- кліматична просвіта та цифрові навички, законодавчі ініціативи,
- стає фінансування та мільтилатеральність щодо поширення кращих практик та залучення міжнародних суб'єктів до спільного подвійного переходу.

Важлива умова гармонізації подвійного переходу світової економіки – необхідність дотримання принципів сталої диджиталізації, де цифрові технології повинні спрямовуватися не лише на підтримку кліматичної нейтральності, але й самі відповідати зеленим стандартам. У іншому випадку, ефект відскоку економіки може нівелювати екологічні та енергетичні переваги від запровадження ефективніших технологій, що є предметом для обговорення та подальших досліджень авторів у контексті гармонізації цифрового-зеленого переходу.

Сучасний вектор інтеграції кліматичних політик ЄС та України потребує посилення міжнародної співпраці у сферах: встановлення спільних та жорстких норм енерго-ефективності; залучення усіх індустрій до поступової відмови від дистрибуції та споживання палива; розширення пакетів фінансової підтримки зеленого переходу; посилення

податкового навантаження через уведення механізму вуглецевого коригування СВАМ. Зазначені напрямки формують вагомий виклик для економіки України в частині імплементації кліматичних політик ЄС, особливо для галузей із СВАМ-продукцією (металургія, виробництво добрив та енергетика), що наразі формують значну частку експортних відносин України з ЄС.

Незважаючи на вагомі програмні ініціативи ЄС, збереження поточних темпів декарбонізації недостатнє для досягнення цілей кліматичної нейтральності ЄС та країн-партнерів до 2050 року. За результатами виконаного аналізу пропонується переглянути кліматичні політики України та ЄС у напрямку збільшення національно-визначених внесків. Зокрема, для України доцільно переглянути політику скорочення викидів у бік інтенсифікації та збільшення НВВ з 65% до щонайменше 72% у 2030 році. Це дозволить своєчасно стимулювати декарбонізацію національних індустрій відповідно до європейських кліматичних стандартів, що особливо актуально для виробників СВАМ.

У ході дослідження виявлено необхідність розвитку концепції зеленого відновлення на засадах повсюдної диджиталізації та розробки механізму «зеленого» зростання ВВП, що сприятиме збереженню досягнутих показників кліматичної нейтральності у повоєнній перспективі та зростанню національної конкурентоспроможності у контексті євроінтеграційного процесу.

З метою посилення ефективності кліматичної політики, сучасний механізм диджиталізації має включати системи забезпечення комплексного моніторингу, обробки та прогнозування кліматичних даних, упровадження інформаційних платформ, забезпечення прозорості взаємодії фінансового та державного секторів, а також сприяння скороченню технологічного, інноваційного, освітнього розриву між країнами-учасниками кліматичних угод ЄС. Це дозволить сформувати потужний технологічний базис для розробки та реалізації кліматичних проєктів України та ЄС.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Abduljabbar, R. L., Liyanage, S., & Dia, H. (2021). The role of micromobility in shaping sustainable cities: A systematic literature review. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 92, 102734. DOI <https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.102734>
2. AENEAS, ARTEMIS-IA, & EPOSS. (2021). ECS-SRIA Strategic Research and Innovation Agenda. URL <https://www.smart-systems-integration.org/publication/ecs-sria-2021>
3. Affan, F. (2017). Earth Summit: From Rio 1992 via Kyoto and Copenhagen, Back to Rio2012. *Journal of Ecosystem & Ecography*, 7: 229. DOI <https://doi.org/10.4172/2157-7625.1000229>.
4. Alkaraan, F., Albitar, K., Hussainey, K., & Venkatesh, V. G. (2022). Corporate transformation toward Industry 4.0 and financial performance: The influence of environmental, social, and governance (ESG). *Technological Forecasting and Social Change*, T. 175, pp. 121-143. DOI <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121423>
5. Allied Market Research. (2022). Energy as a Service (EAAS). Market Analysis 2021. URL <https://www.alliedmarketresearch.com/energy-as-a-service-eaas-market-A06878>
6. Alonso, A., & Marques, J. (2019). Financial Innovation for a Sustainable Economy. AARN: Political Ecology (Topic). DOI <https://doi.org/10.2139/ssrn.3471742>
7. Alqudah, M. (2023). The Impact of Climate Change on International Trade. *International Journal of Legal & Comparative Jurisprudence Studies (LCJS)/Mağalla*

- al-Duwalīyyāṭ Li-&Dirāsāt al-Qānūniyyāṭ Wa-al-Fiqhiyyāṭ al-Muqāranāṭ, 4(1). DOI <https://doi.org/10.31559/lcjs2023.4.1.6>.
8. Alvi, S., Jamil, F., & Ahmed, A. (2021). Assessing the impact of global warming on productivity in emerging economies of Asia. *International Journal of Global Warming*. <https://doi.org/10.1504/ijgw.2021.10039065>.
 9. Andrae, A.S.G. (2020). New perspectives on internet electricity use in 2030. *Engineering and Applied Science Letters (EASL)*, 3(2), 19-31. DOI: 10.30538/psrp-easl2020.0038 URL <https://pisrt.org/psrpress/j/easl/2020/2/3/new-perspectives-on-internet-electricity-use-in-2030.pdf>
 10. Andre et al. (2024). Globally representative evidence on the actual and perceived support for climate action. – processed by Our World in Data. “Government action on climate” [dataset]. Andre et al. (2024). Globally representative evidence on the actual and perceived support for climate action., “public_support_climate_andre” [original data]. URL <https://www.nature.com/articles/s41558-024-01925-3>
 11. Ari, I., & Isik, M. (2022). Assessing the Performance of the Developing Countries for the Utilization of the Green Climate Fund. *Frontiers in Climate*, 4, 813406. DOI <https://doi.org/10.3389/fclim.2022.813406>
 12. Arora, N. (2019). Impact of climate change on agriculture production and its sustainable solutions. *Environmental Sustainability*, 2, 95 - 96. DOI <https://doi.org/10.1007/s42398-019-00078-w>.
 13. Balogun, A. L., Marks, D., Sharma, R., Shekhar, H., Balmes, C., Maheng, D., ... & Salehi, P. (2020). Assessing the potentials of digitalization as a tool for climate change adaptation and sustainable development in urban centres. *Sustainable Cities and Society*, 53, 101888. DOI <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101888>
 14. Barbier, E. B. (2012). The green economy post Rio+20. *Science*, 338(6109), 887-888. DOI: 10.1126/science.1227360

15. Barik, N. (2023). Global research on digital divide during the past two decades: a bibliometric study of Web of Science indexed literature. *Global Knowledge, Memory and Communication*. <https://doi.org/10.1108/gkmc-08-2022-0207>
16. Batrancea, L., Pop, M. C., Rathnaswamy, M. M., Batrancea, I., & Rus, M. I. (2021). An empirical investigation on the transition process toward a green economy. *Sustainability*, 13(23), 13151. DOI <https://doi.org/10.3390/su132313151>
17. Baumli, K., & Jamasb, T. (2020). Assessing private investment in African renewable energy infrastructure: A multi-criteria decision analysis approach. *Sustainability*, 12 (22), 9425. DOI <https://doi.org/10.3390/su12229425>
18. BCG. (2023). *Flipping the Odds of Digital Transformation Success*. Retrieved from <https://www.bcg.com/publications/2023/flipping-the-odds-of-digital-transformation-success>
19. Bellona Europa, Ember, RAP, & E3G. (2022). EU can stop Russian gas imports by 2025: Accelerating clean energy avoids fossil lock-in. URL <https://ember-climate.org/app/uploads/2022/03/EU-can-stop-Russian-gasimports-by-2025.pdf>
20. Benkhodja, M. T., Fromentin, V., & Ma, X. (2023). Macroeconomic effects of green subsidies. *Journal of Cleaner Production*, 410, 137166. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137166>
21. Biden, J. (2021, April 22). Remarks by President Biden at the Virtual Leaders Summit on Climate Session 2: Investing in Climate Solutions. The White House. Retrieved from <https://www.state.gov/leaders-summit-on-climate-remarks-and-releases/>
22. Bilal, A., & Känzig, D. R. (2024). Unveiling the Macroeconomic Impact of Climate Change: Global vs. Local Temperature. URL <https://cowles.yale.edu/sites/default/files/2024-05/Kaenzig-micc032024.pdf>

23. Binet, F., Saunier, F., & Margni, M. (2021). Assessing the Mitigation Potential of Environmental Impacts From Circular Economy Strategies on an Industrial Sector and Its Value Chain: A Case Study on the Steel Value Chain in Quebec. , 2. <https://doi.org/10.3389/frsus.2021.738890>.
24. Bloomberg, J. Digitization, Digitalization, And Digital Transformation: Confuse Them At Your Peril. Forbes. <https://www.forbes.com/sites/jasonbloomberg/2018/04/29/digitization-digitalization-and-digital-transformation-confuse-them-at-your-peril/>
25. Borenstein, S. (2015). A microeconomic framework for evaluating energy efficiency rebound and some implications. *The Energy Journal*, 36(1), 1-22. DOI <https://doi.org/10.5547/01956574.36.1.1>
26. Borowski, P. F. (2021). Digitization, digital twins, blockchain, and industry 4.0 as elements of management process in enterprises in the energy sector. *Energies*, 14(7), 1885. DOI <https://doi.org/10.3390/en14071885>
27. Bos, H., de Haas, W., Jongschaap, R., Woltjer, G., de Wit, E., Piet, G., ... & Bugter, R. (2021). An integrated conceptual framework for the assessment of transitions towards a circular climate-neutral society. Wageningen University & Research.
28. Bracking, S., & Leffel, B. (2021). Climate finance governance: Fit for purpose? *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 12. <https://doi.org/10.1002/wcc.709>
29. Brechin, S., & Espinoza, M. (2017). A case for further refinement of the Green Climate Fund's 50:50 ratio climate change mitigation and adaptation allocation framework: toward a more targeted approach. *Climatic Change*, 142, 311-320. <https://doi.org/10.1007/s10584-017-1938-8>
30. Bresciani, S., Rizzo, F., & Deserti, A. (2022). Toward a Comprehensive Framework of Social Innovation for Climate Neutrality: A Systematic Literature Review from Business/ Production, Public Policy, Environmental Sciences, Energy,

- Sustainability* and Related Fields. *Sustainability*, 14(21), 13793. DOI <https://doi.org/10.3390/su142113793>
31. Bretschger, L., & Karydas, C. (2019). Economics of climate change: Introducing the basic climate economic (BCE) model. *Environment and development economics*, 24(6), 560-582. <https://doi.org/10.1017/S1355770X19000184>
 32. Brisman, A. (2011). Stockholm Conference, 1972. In: Chatterjee, D.K. (eds) *Encyclopedia of Global Justice*. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9160-5_655
 33. Brøgger, M., Bacher, P., Madsen, H., & Wittchen, K. B. (2018). Estimating the influence of rebound effects on the energy-saving potential in building stocks. *Energy and Buildings*, 181, 62-74
 34. Caldwell, M., & Larsen, G. (2021). Improving access to the Green Climate Fund: How the fund can better support developing country institutions. <https://doi.org/10.46830/wriwp.19.00132>
 35. Cao, W., Cai, Z., Yao, X., & Chen, L. (2023). Digital Transformation to Help Carbon Neutrality and Green Sustainable Development Based on the Metaverse. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su15097132>.
 36. Capros, P., Zazias, G., Evangelopoulou, S., Kannavou, M., Fotiou, T., Siskos, P., & Sakellaris, K. (2019). Energy-system modelling of the EU strategy towards climate-neutrality. *Energy Policy*, 134, 110960. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.110960>
 37. Carroll, S., Garba, I., Figueroa-Rodríguez, O., Holbrook, J., Lovett, R., Materechera, S., ... & Hudson, M. (2020). The CARE principles for indigenous data governance. *Data science journal*, 19.
 38. Climate action tracer [CAT]. (2023). CAT rating methodology. URL <https://climateactiontracker.org/>
 39. CCPI (2023). The Climate Change Performance Index 2024: Results. URL <https://ccpi.org/>

40. CDP (2023). The A List 2023. URL <https://www.cdp.net/en/companies/companies-scores>
41. Chapagain, D., Baarsch, F., Schaeffer, M., & D'haen, S. (2020). Climate change adaptation costs in developing countries: insights from existing estimates. *Climate and Development*, 12, 934 - 942. DOI <https://doi.org/10.1080/17565529.2020.1711698>.
42. Chen, R., Zhang, R., & Han, H. (2021). Climate neutral in agricultural production system: a regional case from China. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 33682-33697. DOI <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13065-8>.
43. Chu, X., Nazir, S., Wang, K., Leng, Z., & Khalil, W. (2021). Big data and its V's with IoT to develop sustainability. *Scientific Programming*, 2021(1), 3780594.
44. Chuard, P., Garard, J., Schulz, K., Kumarasinghe, N., Rolnick, D., & Matthews, D. (2022). A portrait of the different configurations between digitally-enabled innovations and climate governance. *Earth System Governance*, 13, 100147.
45. Chung, A., & Wai Ming, T. (2021). A bibliometric study of carbon neutrality: 2001-2022. *HKIE Transactions*, 28(2), 58-64.
46. Church, C., and A. Crawford(2018). Green Conflict Minerals: The fuels of conflict in the transition to a low-carbon economy. International Institute for Sustainable Development.
47. Cifuentes-Faura, J. (2022). European Union policies and their role in combating climate change over the years. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 15(8), 1333-1340.
48. Claeys, G., Tagliapietra, S., & Zachmann, G. (2019). How to make the European Green Deal work (Vol. 13, pp. 171-204). Brussels, Belgium: Bruegel.
49. Clark, R., Reed, J., & Sunderland, T. (2018). Bridging funding gaps for climate and sustainable development: Pitfalls, progress and potential of private finance. *Land*

- Use Policy, 71, 335-346. <https://doi.org/10.1016/J.LANDUSEPOL.2017.12.013>
50. Clementi, E., Tsemekidi-Tzeinaki, S. and Bertoldi, P., Assessing the impact of Energy Efficiency on the EU Energy Consumption by using an index decomposition analysis in 2010-2021, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2024, doi:10.2760/96121, JRC136466.
 51. Coroama, V., & F. Mattern (2019). Digital Rebound - Why Digitalization Will not Redeem us our Environmental Sins. In "Proceedings of the 6th International Conference on ICT for Sustainability (ICT4S 2019) (Editor Wolff, Annika). CEUR Workshop Proceedings Volume 2382. <http://ceur-ws.org/Vol-2382/>.
 52. Corson, C., Brady, B., Zuber, A., Lord, J., & Kim, A. (2015). The right to resist: Disciplining civil society at Rio+ 20. *Journal of Peasant Studies*, 42(3-4), 859-878.
 53. Costanza, R. (1989). What is ecological economics. *Ecological Economics*, 1, 1-7. [https://doi.org/10.1016/0921-8009\(89\)90020-7](https://doi.org/10.1016/0921-8009(89)90020-7).
 54. Courbage, C., & Golnaraghi, M. (2022). Extreme events, climate risks and insurance. *The Geneva Papers on Risk and Insurance-Issues and Practice*, 47(1), 1-4.
 55. Crippa M., Guizzardi D., Pagani F., Banja M., Muntean M., Schaaf E., Becker, W., Monforti-Ferrario F., Quadrelli, R., Riskey Martin, A., Taghavi-Moharamli, P., Grassi, G., Rossi, S., Brandao De Melo, J., Oom, D., Branco, A., San-Miguel, J., Vignati, E., GHG emissions of all world countries – JRC/IEA 2023 Report, EUR xxxx EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2023, doi:xxx, JRCxxx.
 56. Cruz, C. and Matos, F. (2023), "ESG Maturity: A Software Framework for the Challenges of ESG Data in Investment", *Sustainability*, T. 26, pp. 1781-1799, available at <https://doi.org/10.3390/su15032610>.
 57. Cui, L., Sun, Y., Song, M., & Zhu, L. (2020). Co-financing in the green climate fund: lessons from the global environment

- facility. *Climate Policy*, 20, 95 - 108. <https://doi.org/10.1080/14693062.2019.1690968>
58. Dahiya, D., Sharma, H., Rai, A., & Nigam, P. (2022). Application of biological systems and processes employing microbes and algae to Reduce, Recycle, Reuse (3Rs) for the sustainability of circular bioeconomy. *AIMS Microbiology*, 8, 83 - 102. <https://doi.org/10.3934/microbiol.2022008>. <https://doi.org/10.3934/microbiol.2022008>
59. D'Amato, D., Droste, N., Allen, B., Kettunen, M., Lähinen, K., Korhonen, J., ... & Toppinen, A. (2017). Green, circular, bio economy: A comparative analysis of sustainability avenues. *Journal of cleaner production*, 168, 716-734. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.053>
60. Dekkati, S., Thaduri, U., & Lal, K. (2016). Business Value of Digitization: Curse or Blessing?. *Global Disclosure of Economics and Business*. <https://doi.org/10.18034/gdeb.v5i2.702>.
61. Delbeke, J. & Vis, P. (2020), "Towards a climate-neutral Europe: curbing the trend", Routledge, EU.
62. Delbeke, J., & Vis, P. (2020). *Towards a climate-neutral Europe: Curbing the trend*. London: Routledge.
63. Dellink, R., Lanzi, E., & Château, J. (2019). The Sectoral and Regional Economic Consequences of Climate Change to 2060. *Environmental and Resource Economics*, 72, 309-363. <https://doi.org/10.1007/S10640-017-0197-5>.
64. Deloitte Insights (2020). Digital Transformation: definition. URL <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/topics/digital-transformation.html>
65. Delreux, T., & Ohler, F. (2019). Climate policy in European Union politics. In *Oxford Research Encyclopedia of Politics*. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190228637.013.1097>
66. Digiconomist (2020). Bitcoin Energy Consumption Index. <https://digiconomist.net/bitcoin-energy-consumption>
67. DIGITALEUROPE. (2024). *The voice of digitally transforming industries in Europe*. URL <https://www.digitaleurope.org/>

68. Dikau, S., Robins, N., & Volz, U. (2021). Climate-neutral central banking: How the European System of Central Banks can support the transition to net-zero.
69. Ding, X., Sheng, Z., Appolloni, A., Shahzad, M. and Han, S. (2024), "Digital transformation, ESG practice, and total factor productivity", *Business Strategy and the Environment*, Issue 2, pp. 156-172.
70. Diodato, D., Huergo, E., Moncada-Paternò-Castello, P., Rentocchini, F., & Timmermans, B. (2023). Introduction to the special issue on "the twin (digital and green) transition: handling the economic and social challenges". *Industry and Innovation*, 30(7), 755-765.
71. Doktycz, C., & Abkowitz, M. (2019). Loss and damage estimation for extreme weather events: State of the practice. *Sustainability*, 11(15), 4243.
72. Đorić, Ž. (2022). Digital divide in European Union: State and perspectives. *Ekonomski pogledi*. URL <https://scindeks.ceon.rs/article.aspx?artid=1450-79512201157Q>
73. Dou, X. (2015). The essence, feature and role of low carbon economy. *Environment, Development and Sustainability*, 17, 123-136. DOI <https://doi.org/10.1007/s10668-014-9542-9>.
74. Doukas, H., & Nikas, A. (2020). Decision support models in climate policy. *European Journal of Operational Research*, 280(1), 1-24.
75. Du, J., Cheng, J., & Ali, K. (2023). Modelling the green logistics and financial innovation on carbon neutrality goal, a fresh insight for BRICST. *Geological Journal*, 58, 2742 - 2756. <https://doi.org/10.1002/gj.4732>.
76. Duch-Brown, N., Rossetti, F. (2020) Digital platforms across the European regional energy markets. *Energy Policy*, 144, 111612.
77. Duncan, E., Abdulai, A. R., & Fraser, E. D. (2021). Modernizing agriculture through digital technologies: Prospects and challenges. *Handbook on the human impact of agriculture*, 138-161.

78. Dunz, N., Naqvi, A., & Monasterolo, I. (2019). Climate Transition Risk, Climate Sentiments, and Financial Stability in a Stock-Flow Consistent Approach. *Political Economy - Development: Environment eJournal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3520764>.
79. Dupont, C., Moore, B., Boasson, E. L., Gravey, V., Jordan, A., Kivimaa, P., ... & Von Homeyer, I. (2024). Three decades of EU climate policy: Racing toward climate neutrality?. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 15(1), e863.
80. Dwivedi, Y. K., Hughes, L., Kar, A. K., Baabdullah, A. M., Grover, P., Abbas, R., ... & Wade, M. (2022). Climate change and COP26: Are digital technologies and information management part of the problem or the solution? An editorial reflection and call to action. *International Journal of Information Management*, 63, 102456.
81. Eckstein D., Kunzel V., Schafer L. (2021) Global climate risk 2021. Who suffers most from extreme weather events? Weather-related loss events in 2019 and 2000-2019
82. Eisner, E., Hsien, C., Mennenga, M., Khoo, Z. Y., Dönmez, J., Herrmann, C., & Low, J. S. C. (2022). Self-Assessment framework for corporate environmental sustainability in the era of digitalization. *Sustainability*, 14(4), 2293. <https://doi.org/10.3390/su14042293>
83. EIT Digital. (2022). Makers & Shapers: Digital Technologies and the Green Economy. <https://www.eitdigital.eu/our-messages/makersshapers/reports/>
84. ESMA(2023).ESMAReportonTrends,RisksandVulnerabilities, No. 1. URL <https://www.esma.europa.eu/document/esma-report-trends-risks-and-vulnerabilities-no1-2022>
85. Espinosa, A., & Walker, J. (2017). *Complexity Approach to Sustainability, A: Theory and Application* (Vol. 5). World Scientific.
86. Eswaran, U., & Eswaran, V. (2023). DECARBONIZATION: PATHWAYS FOR A SUSTAINABLE FUTURE. *Journal on Future Engineering & Technology*, 18(4).

87. European Commission (2019). Towards a climate-neutral Europe: curbing the trend. European Union, Routledge 2019
88. European Commission (2021a) 2050 long-term strategy https://climate.ec.europa.eu/eu-action/climate-strategies-targets/2050-long-term-strategy_en
89. European Commission (2021b) A Clean Planet for all - A European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy
90. European Commission (2021c). 2030 Digital Compass: the European way for the Digital Decade. COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS. Brussels, 9.3.2021. COM(2021) 118 final
91. European Commission (2023a). *REPowerEU: A plan to rapidly reduce dependence on Russian fossil fuels*. URL https://ec.europa.eu/commission/presscorner/api/files/document/print/en/ip_22_3131/IP_22_3131_EN.pdf
92. European Commission (2023b). *Speech by President Ursula von der Leyen at the Africa Climate Summit in Nairobi, Kenya. [PDF]*. URL https://ec.europa.eu/commission/presscorner/api/files/document/print/en/speech_23_4344/SPEECH_23_4344_EN.pdf
93. European Commission (2024) European innovation scoreboard 2024. EIS interactive tool. URL https://research-and-innovation.ec.europa.eu/statistics/performance-indicators/european-innovation-scoreboard_en
94. European Commission, & Copernicus Climate Change Service. (2022). European State of the Climate 2021. European Centre for Medium Range Weather Forecasts (ECMWF). URL <https://climate.copernicus.eu/esotc/2021>
95. European Commission. (2019). The European Green Deal. Brussels: European Commission. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52019DC0640>

96. European Commission. (2020a). A New Industrial Strategy for Europe. Brussels: European Commission. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52020DC0102>
97. European Commission. (2020b). 2020 Strategic Foresight Report—Charting the course towards a more resilient Europe. https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/strategic_foresight_report_2020_1_0.pdf
98. European Commission. (2021). European Climate Law. URL <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2021/1119/oj>.
99. European Commission. (2021). Analysis of the national long-term renovation strategies. SWD(2021) 365 final/2. URL [https://ec.europa.eu/transparency/documents-register/detail?ref=SWD\(2021\)365&lang=en](https://ec.europa.eu/transparency/documents-register/detail?ref=SWD(2021)365&lang=en)
100. European Commission. (2022). *2022 Strategic Foresight Report: Twinning the green and digital transitions in the new geopolitical context*. European Commission. URL <https://ec.europa.eu/newsroom/env/items/762012/>
101. European Commission. (2022). *Digital Economy and Society Index (DESI) 2022*. URL <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/digital-economy-and-society-index-desi-2022>
102. European Commission. (2023). *Broadband coverage in Europe 2022: Mapping progress towards the coverage objectives of the Digital Decade*. Publications Office of the European Union. URL <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/990249>
103. European Commission. (2023). *The impact of Russia's war against Ukraine on global food security*. URL https://knowledge4policy.ec.europa.eu/publication/ec-impact-russia%E2%80%99s-war-against-ukraine-global-food-security-february-2023_en
104. European Commission. (2024). Strategic Foresight. [report database in PDF] URL https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/strategic-planning/strategic-foresight_en

105. European Council (2021). Fit for 55' - delivering the EU's 2030 climate target on the way to climate neutrality. Communication from the commission to the european parliament, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions. URL <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX%3A52021DC0550>
106. European Environment Agency. (2019). Sustainability transitions: Policy and practice. Publications Office of the European Union. URL <https://www.eea.europa.eu/publications/sustainability-transitions-policy-and-practice>
107. European Environment Agency. (2023). Annual economic damage caused by climate-related extremes in EEA member countries. URL <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/annual-economic-damage-caused-by-1>
108. European Parliamentary Research Service. (2022). Russia's war on Ukraine: Impact on food security and EU response. European Parliamentary Research Service. URL [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/ATAG/2022/729367/EPRS_ATA\(2022\)729367_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/ATAG/2022/729367/EPRS_ATA(2022)729367_EN.pdf)
109. Eurostat. (2023). *Digital economy and society statistics - households and individuals*. URL https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Digital_economy_and_society_statistics_-_households_and_individuals
110. Falkner, R. (2016). The Paris Agreement and the new logic of international climate politics. *International Affairs*, 92(5), 1107-1125.
111. Fan, L., Zhang, Y., Jin, M., Ma, Q., & Zhao, J. (2022). Does New Digital Infrastructure Promote the Transformation of the Energy Structure? The Perspective of China's Energy Industry Chain. *Energies*. <https://doi.org/10.3390/en15238784>.
112. Fang, L., & Zhao, S. (2023). On the green subsidies in a differentiated market. *International Journal of Production Economics*, 257, 108758.
113. Ferguson, P. (2015). The green economy agenda: business as usual or transformational discourse?. *Environmental*

- Politics, 24, 17 - 37. <https://doi.org/10.1080/09644016.2014.919748>.
114. Fernando, R., Liu, W., & McKibbin, W. (2021). Global economic impacts of climate shocks, climate policy and changes in climate risk assessment. Social Science Research Network. DOI <https://doi.org/10.2139/SSRN.3817111>.
115. Fetting, C. (2020). The European green deal. ESDN Report, December, 2(9).
116. Filho L., W., Yang, P., Eustachio, J. H. P. P., Azul, A. M., Gellers, J. C., Gielczyk, A., ... & Kozlova, V. (2022). Deploying digitalisation and artificial intelligence in sustainable development research. Environment, Development and Sustainability, 1-32.
117. Finkbeiner, M., & Bach, V. (2021). Life cycle assessment of decarbonization options—towards scientifically robust carbon neutrality. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 26(4), 635-639.
118. Firoiu, D., Pîrvu, R., Jianu, E., Cismaș, L. M., Tudor, S., & Lățea, G. (2022). Digital performance in EU member states in the context of the transition to a climate neutral economy. Sustainability, 14(6), 3343. Sustainability. DOI <https://doi.org/10.3390/su14063343>.
119. Forti V., Baldé C.P., Kuehr R., and G. Bel (2020) The Global E-waste Monitor 2020: Quantities, flows and the circular economy potential. United Nations University (UNU)/United Nations Institute for Training and Research (UNITAR) – co-hosted SCYCLE Programme, International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA), Bonn/Geneva/ Rotterdam.
120. Frankfurt School-UNEP Centre/BNEF (2020) – with minor processing by Our World in Data. “Investment in biofuels technology” [dataset]. Frankfurt School-UNEP Centre/BNEF, “Global trends in renewable energy investment” [original data].

121. Freeman, R. (2018). A theory on the future of the rebound effect in a resource-constrained world. *Frontiers in energy research*, 6, 369526.
122. Freitag, C., Berners-Lee, M., Widdicks, K., Knowles, B., Blair, G., & A. Friday (2021). The real climate and transformative impact of ICT: A critique of estimates, trends, and regulations. *Patterns*. 2. 100340. DOI <https://doi.org/10.1016/j.patter.2021.100340>.
123. Fritsche, U., Brunori, G., Chiaramonti, D., Galanakis, C., Hellweg, S., Matthews, R. A. P. C., & Panoutsou, C. (2020). Future transitions for the bioeconomy towards sustainable development and a climate-neutral economy—knowledge synthesis final report. Publications Office of the European Union, Luxembourg, 10, 667966.
124. Galanti, S., & Özsoy, Ç. Y. (2022). Digital finance, development, and climate change. *IFC Bulletin*, (56).
125. García López, G. A., & Navas, G. (2021). Eco-imperial relations: The roots of dispossessive and unequal accumulation. In *The Palgrave Encyclopedia of Imperialism and Anti-Imperialism* (pp. 670-693). Cham: Springer International Publishing.
126. García-Freites, Samira, Clair Gough, and Mirjam Röder. «The greenhouse gas removal potential of bioenergy with carbon capture and storage (BECCS) to support the UK's net-zero emission target.» *Biomass and Bioenergy* 151 (2021): 106164.
127. Gates, B. (2021). *How to avoid a climate disaster: the solutions we have and the breakthroughs we need*. Vintage.
128. Geels, F., Kern, F., & Clark, W. C. (2023). Sustainability transitions in consumption-production systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 120.
129. Gensch, C. O., Prakash, S., & Hilbert, I. (2017). Is digitalisation a driver for sustainability?. In *Sustainability in a digital world* (pp. 117-129). Springer, Cham.

130. Gillingham, K., Rapson, D., & Wagner, G. (2016). The rebound effect and energy efficiency policy. *Review of environmental economics and policy*.
131. *Global Carbon Budget* (2023) – with major processing by Our World in Data. “Annual CO₂ emissions – GCB” [dataset]. Global Carbon Project, “Global Carbon Budget” [original data].
132. Global Climate Fund [GCF] (2023). Progress Report. GCF’s first replenishment period 2020-2023. 49.
133. Globe Newswire. (2022). Material Informatics Market Size to Surpass US\$ 782.2 Mn by 2030. URL <https://www.precedenceresearch.com/material-informatics-market>
134. Gomez-Trujillo, A. M., & Gonzalez-Perez, M. A. (2021). Digital transformation as a strategy to reach sustainability. *Smart and Sustainable Built Environment*, 11(4), 1137-1162.
135. Gong, C., & Ribi re, V. (2021). Developing a unified definition of digital transformation. *Technovation*, 102, 102217. DOI <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2020.102217>.
136. Gonzalez, C. I. (2021). Overview of global and European institutional sustainable finance initiatives. *Banco de Espana Article*, 30, 21. <https://ssrn.com/abstract=3937147>
137. Gray, J., & Rumpe, B. (2017). Models for the digital transformation. *Software & Systems Modeling*, 16, 307-308.
138. Green Climate Fund [GCF]. (2024) Open Data Library [Dataset]. URL <https://data.greenclimate.fund/public/>
139. Guterres, A. (2024, June 5). A moment of truth: Special address on climate action. United Nations. Retrieved from <https://unpartnerships.un.org/press-center/moment-truth-special-address-climate-action-united>
140. GVG (2024) Smart Agriculture Market Size (Precision farming, Livestock Monitoring, Smart greenhouse, and Others), By Application, By Offering, And Segment Forecasts, 2024 – 2030 Retrieved from <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/smart-agriculture-farming-market>

141. Haberly, D., MacDonald-Korth, D., Urban, M., & Wójcik, D. (2019). Asset management as a digital platform industry: A global financial network perspective. *Geoforum*, 106, 167-181. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2019.08.009>
142. Habert, G. (2023). Climate-neutral and circular built environment—right here, right now—. In *The Routledge Handbook of Embodied Carbon in the Built Environment* (pp. 20-40). Routledge.
143. Hackfort, S. (2021). Patterns of inequalities in digital agriculture: A systematic literature review. *Sustainability*, 13(22), 12345.
144. Hagen, A., & Schneider, J. (2021). Trade sanctions and the stability of climate coalitions. *Journal of Environmental Economics and Management*, 109, 102504. <https://doi.org/10.1016/J.JEEM.2021.102504>.
145. Hahn, R. W., & Metcalfe, R. D. (2021). Efficiency and equity impacts of energy subsidies. *American Economic Review*, 111(5), 1658-1688.
146. Halushkina, T. P., Zhemba, A. I., & Sernytska, K. V. (2018). Екологічна політика України в контексті глобальних кліматичних викликів. *Bulletin National University of Water and Environmental Engineering*, 4(84), 248-258. <http://dx.doi.org/10.31713/ve4201824>
147. Hanna, N. K. (2020). Assessing the digital economy: aims, frameworks, pilots, results, and lessons. *Journal of innovation and entrepreneurship*, 9(1), 1-16.
148. Hassan, A. M., & Tawfeeq, S. N. (2023). THE ROLE OF THE UNITED NATIONS IN MITIGATING GLOBAL CLIMATE CHANGE. *Russian Law Journal*, 11(9S), 521-536.
149. He, R., Luo, L., Shamsuddin, A., & Tang, Q. (2022). Corporate carbon accounting: a literature review of carbon accounting research from the Kyoto Protocol to the Paris Agreement. *Accounting & Finance*, 62(1), 261-298.
150. Hedberg, A., & Sipka, S. (2020). Improving biodiversity: How can digitalisation help? European Policy Centre. URL <https://www.epc.eu/en/Publications/Improving-biodiversity-How-can-digitalisation-help~38bd64>

151. Hensher, D. A., Mulley, C., Ho, C., Wong, Y., Smith, G., & Nelson, J. D. (2020). *Understanding Mobility as a Service (MaaS): Past, present and future*. Elsevier.
152. Here due diligence requirements as outlined by the UN Guiding Principles on Business and Human Rights, the OECD Guidelines for Multinational Enterprises and the EU Directive on human rights due diligence, among others, can be instructive.
153. Holdren, J. P., Power, T., Tassey, G., Ratcliff, A., & Christodoulou, L. (2012). A National strategic plan for advanced manufacturing. US National Science and Technology Council, Washington, DC.
154. Hsu, A., Lloyd, A., & Emerson, J. W. (2013). What progress have we made since Rio? Results from the 2012 Environmental Performance Index (EPI) and Pilot Trend EPI. *Environmental Science & Policy*, 33, 171-185.
155. Iizumi, T., Shen, Z., Furuya, J., Koizumi, T., Furuhashi, G., Kim, W., & Nishimori, M. (2020). Climate change adaptation cost and residual damage to global crop production. *Climate Research*, 80, 203-218. <https://doi.org/10.3354/cr01605>.
156. IMD. (2021). IMD World Digital Competitiveness Ranking Report 2021. URL <https://imd.cld.bz/Digital-Ranking-Report-2021/200/>
157. IMF. (2023). *World Economic Outlook, April 2023: A Rocky Recovery*. Retrieved from <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2023/04/11/world-economic-outlook-april-2023>
158. Inoue, H. (2021). The Economic Impact of Heavy Rains on Supply Chains. *Environmental Economics eJournal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3875196>.
159. International Development Finance Club [IDFC] (2023). IDFC Green Finance Mapping. Report. 65. URL <https://www.idfc.org/wp-content/uploads/2023/11/idfc-gfm-2023-final-1.pdf>
160. International Energy Agency (2023) World Energy Outlook 2023. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023>

161. International Energy Agency (2021). World Energy Outlook 2021. International Energy Agency. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2021>
162. IPCC AR5: Intergovernmental Panel on Climate Change. (2014). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
163. IPCC AR6: Intergovernmental Panel on Climate Change. (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press.
164. Iqbal, N., Abbasi, K., Shinwari, R., Wan, G., Ahmad, M., & Tang, K. (2021). Does exports diversification and environmental innovation achieve carbon neutrality target of OECD economies?. *Journal of environmental management*, 291, 112648. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112648>.
165. IRENA (2023). Renewable power generation costs in 2022. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
166. IRENA. (2017). Stranded assets and renewables: How the energy transition affects the value of energy reserves, buildings and capital stock. International Renewable Energy Agency.
167. Jaehn, F., & Meissner, F. (2022). The rebound effect in transportation. *Omega*, 108, 102563.
168. Jakobsen, O., & Storsletten, V. M. (2019). Beyond the green shift—Ecological economics. *Borderology: Cross-disciplinary Insights from the Border Zone: Along the Green Belt*, 173-183.

169. Janssens, C., Havlík, P., Krisztin, T., Baker, J., Frank, S., Hasegawa, T., ... & Maertens, M. (2020). Global hunger and climate change adaptation through international trade. *Nature Climate Change*, 10(9), 829-835. DOI <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0847-4>.
170. Jasim, A. M., Jasim, B. H., Baiceanu, F. C., & Neagu, B. C. (2023). Optimized sizing of energy management system for off-grid hybrid solar/wind/battery/biogasifier/diesel microgrid system. *Mathematics*, 11(5), 1248.
171. Jean, M. and Grant, E. (2022). Management System Enabled ESG Performance. *International Pipeline Conference*. DOI <https://doi.org/10.1115/ipc2022-86870>.
172. JLL Technologies (2023). JLL Global Real Estate Technology Survey, 2023". URL <https://www.jllt.com/research/global-real-estate-technology-survey-2023/>
173. Joint Research Centre [JRC]. (2020a). Destination Earth: Survey on "Digital Twins" technologies and activities, in the Green Deal area. Publications Office. URL <https://data.europa.eu/doi/10.2760/430025>
174. Joint Research Centre [JRC]. (2020b). New and emerging transport technologies and trends in European research and innovation projects: An assessment based on the Transport Research and Innovation Monitoring and Information System (TRIMIS). Publications Office of the European Union. <https://data.europa.eu/doi/10.2760/977404>
175. Joint Research Centre [JRC]. (2022). Quantifying the benefits of location interoperability in the European Union. Publications Office of the European Union. <https://data.europa.eu/doi/10.2760/72064>
176. Joint Research Centre [JRC]. (2023). Digital transition - European Commission. Joint Research Centre. Retrieved from https://joint-research-centre.ec.europa.eu/digital-transition_en
177. Jordan, A. J., & Moore, B. (2022). The durability–flexibility dialectic: The evolution of decarbonisation policies in the

- European Union. Journal of European Public Policy, 1-20. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13501763.2022.2042721>
178. Kagermann H., Wahlster W. (2013) Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0, Securing the future of German manufacturing industry, Final report of the Industrie 4.0 Working Group, April 2013. URL <https://www.din.de/blob/76902/e8cac883f42bf28536e7e8165993f1fd/recommendations-for-implementing-industry-4-0-data.pdf>.
179. Kang, S., Lee, S., & Lee, S. (2021). Impacts of Environmental Agreements on Bilateral Trade of Climate Industry. Energies. DOI <https://doi.org/10.3390/en14217277>.
180. Katinka M. Brouwer, LL.M. (2021) Road to EU Climate Neutrality by 2050. Brussels, January 2021
181. Ke, J., Jahanger, A., Yang, B., Usman, M., & Ren, F. (2022). Digitalization, financial development, trade, and carbon emissions; implication of pollution haven hypothesis during globalization mode. Frontiers in Environmental Science, 10, 873880. DOI <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.873880>
182. Kerner, C., & Brudermann, T. (2021). I believe I can fly—Conceptual foundations for behavioral rebound effects related to voluntary carbon offsetting of air travel. *Sustainability*, 13(9), 4774.
183. Kim, Y., Tanaka, K., & Matsuoka, S. (2020). Environmental and economic effectiveness of the Kyoto Protocol. Plos one, 15(7), e0236299.
184. Klitkou, A., Bolwig, S., Hansen, T., & Wessberg, N. (2015). The role of lock-in mechanisms in transition processes: The case of energy for road transport. Environmental Innovation and Societal Transitions, 16, 22–37. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2015.07.005>
185. Kloppenburg, S., Gupta, A., Kruk, S. R. L., Makris, S., Bergsvik, R., Korenhof, P., Solman, H., & Toonen, H. M. (2022).

- Scrutinizing environmental governance in a Digital age: New ways of seeing, participating, and intervening. *One Earth*, 5(3), 232–241. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2022.02.004>.
186. Knittel, N., Jury, M. W., Bednar-Friedl, B., Bachner, G., & Steiner, A. K. (2020). A global analysis of heat-related labour productivity losses under climate change—implications for Germany's foreign trade. *Climatic Change*, 160, 251–269.
187. Knorr, D., Augustin, M. A., & Tiwari, B. (2020). Advancing the role of food processing for improved integration in sustainable food chains. *Frontiers in Nutrition*, 7, 34. <https://doi.org/10.3389/fnut.2020.00034>
188. Koval, V., Laktionova, O., Atstāja, D., Grasis, J., Lomachynska, I., & Shchur, R. (2022). Green Financial Instruments of Cleaner Production Technologies. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su141710536>.
189. Krishna, L. S. R., & Srikanth, P. J. (2021). Evaluation of environmental impact of additive and subtractive manufacturing processes for sustainable manufacturing. *Materials Today: Proceedings*, 45, 3054–3060.
190. Krupocin, D., & Krupocin, J. (2020). The Impact of Climate Change on Cultural Security. *Journal of Strategic Security*. DOI <https://doi.org/10.5038/1944-0472.13.4.1847>.
191. Krysovaty, A., Maksymova, I., Kurilyak, V., Radin, M., & Kurilyak, M. (2024). International convergence towards a climate-neutral economy: modeling the agricultural sector. *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*, 10(2), 52–79.
192. Kuloesi, K., & Oberthür, S. (2020). Assessing the EU's 2030 Climate and Energy Policy Framework: Incremental change toward radical transformation?. *Review of European, Comparative & International Environmental Law*, 29(2), 151–166.
193. Kunkel, S., & Tyfield, D. (2021). Digitalisation, sustainable industrialisation and digital rebound—Asking the right questions for a strategic research agenda. *Energy Research & Social Science*, 82, 102295.

194. Kuyper, J., Schroeder, H., & Linnér, B. O. (2018). The Evolution of the UNFCCC. *Annual Review of Environment and Resources*, 43(1), 343-368.
195. Lamperti, F., Bosetti, V., Roventini, A., & Tavoni, M. (2019). The public costs of climate-induced financial instability. *Nature Climate Change*, 9, 829 - 833. DOI <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0607-5>.
196. Lange, S., Pohl, J., & Santarius, T. (2020). Digitalization and energy consumption. Does ICT reduce energy demand? *Ecological Economics*, 176, 106760.
197. Larch, M., & Wanner, J. (2024). The consequences of non-participation in the Paris Agreement. *European Economic Review*, 163, 104699.
198. Lau, S. (2020, September 24). Q&A: *What does China's new Paris Agreement pledge mean for climate change?* *Carbon Brief*. URL <https://www.carbonbrief.org/qa-what-does-chinas-new-paris-agreement-pledge-mean-for-climate-change/>
199. Leal Filho, W., Manolas, E., & Pace, P. (2015). The future we want: Key issues on sustainable development in higher education after Rio and the UN decade of education for sustainable development. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 16(1), 112-129.
200. Lebas, A. & Crutzen, N. (2021). *Mobility as a Service (MaaS): Exploratory study on the governance and the management of projects in Belgium*. [Research Report].
201. Lee, M. J., & Roh, T. (2023). Digitalization capability and sustainable performance in emerging markets: mediating roles of in/out-bound open innovation and coopetition strategy. *Management Decision*, (ahead-of-print).
202. Li, L. (2018). China's manufacturing locus in 2025: With a comparison of "Made-in-China 2025" and "Industry 4.0". *Technological Forecasting and Social Change*, 135, 66-74.
203. Li, M., Ahmad, M., Fareed, Z., Hassan, T., & Kırıkkaleli, D. (2021). Role of trade openness, export diversification, and renewable electricity output in realizing carbon

- neutrality dream of China.. Journal of environmental management, 297, 113419. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113419>.
204. Liang, B., Shi, G., Sun, Z., Babul, H., & Zhou, M. (2023). Evolution trend and hot topic measurement of climate migration research under the influence of climate change. , 11. DOI <https://doi.org/10.3389/fevo.2023.1118037>.
205. Liu, D. (2022). Convergence of energy carbon emission efficiency: Evidence from manufacturing sub-sectors in China. Environmental Science and Pollution Research, 29(21), 31133-31147. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-18503-9>
206. Liu, Y., Wei, S., Zhao, D., & Gao, J. (2020). Progress in Research on the Influences of Climatic Changes on the Industrial Economy in China. Journal of Resources and Ecology, 11, 1 - 12. DOI <https://doi.org/10.5814/j.issn.1674-764x.2020.01.001>.
207. Logan, M. (2022). The closing window: inadequate progress on climate action makes rapid transformation of societies only option. UN report.
208. Loiseau, E., Saikku, L., Antikainen, R., Droste, N., Hansjürgens, B., Pitkänen, K., ... & Thomsen, M. (2016). Green economy and related concepts: An overview. Journal of cleaner production, 139, 361-371.
209. Lu, Y., Liu, C., Kevin, I., Wang, K., Huang, H., & Xu, X. (2020). Digital Twin-driven smart manufacturing: Connotation, reference model, applications and research issues. *Robotics and computer-integrated manufacturing*, 61, 101837.
210. Lyu, K., Yang, S., Zheng, K., & Zhang, Y. (2023). How Does the Digital Economy Affect Carbon Emission Efficiency? Evidence from Energy Consumption and Industrial Value Chain. *Energies*. <https://doi.org/10.3390/en16020761>.
211. Mace, G. M., Barrett, M., Burgess, N. D., Cornell, S. E., Freeman, R., Grooten, M., & Purvis, A. (2018). Aiming

- higher to bend the curve of biodiversity loss. *Nature Sustainability*, 1(9), 448–451. <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0130-0>
212. Machado, M., & Hatakeyama, K. (2023, July). Digital Transformation as an Enabler of Sustainability in Supply Chain and Logistics: Evidence from the Field. In *2023 Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET)* (pp. 1-6). IEEE.
213. Maciąg, R. (2022). Digital transformation as an epistemological event: predigital transformation. *Dialogue and Universalism*, (2), 83-102.
214. Maksymova, I. (2023). Digitalization-based integration of climate policies of Ukraine and the EU. *Journal of European Economy*, 22(1), 94-110. URL <http://dspace.wunu.edu.ua/handle/316497/51580>
215. Maksymova, I., Kurilyak, V., Mietule, I., Arbidane, I., & Kurilyak, M. (2024). Digitally driven model of a climate neutral economy in terms of global financial capacity. *Financial & Credit Activity: Problems of Theory & Practice*, 3(56). DOI 10.55643/fcaptp.3.56.2024.4399
216. Maksymova, I., Kurylyak, V. (2022). World industry digitization in the context of ensuring climate neutrality. *Journal of European Economy*, 21(3), 343-360. <https://doi.org/10.35774/jee2022.03.343>
217. Maksymova, I., Mietule, I., & Kulishov, V. (2023). Digital solutions for a climate neutral economy: international framework of eco-digital projects. *Environment. Technologies. Resources. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference*. <https://doi.org/10.17770/etr2023vol1.7291>
218. Maksymova, I., Savelyev, Y., Zvarych, I., Kurylyak, V., Lyzun, M., Sachenko, S., & Lishchynskyy, I. (2023, September). Global differentiation of climate-digital projects in terms of low-carbon economy. In *2023 IEEE 12th International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced*

- Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS)* (Vol. 1, pp. 859-864). IEEE. DOI <https://doi.org/10.1109/IDAACS58523.2023.10348646>
219. Malhi, G., Kaur, M., & Kaushik, P. (2021). Impact of Climate Change on Agriculture and Its Mitigation Strategies: A Review. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/SU13031318>.
220. Maris, G.; Flouros, F. (2021) The Green Deal, National Energy and Climate Plans in Europe: Member States' Compliance and Strategies. *Adm. Sci.* 2021, 11, 75.
221. MarketsandMarkets. (2022). Environmental Monitoring Market by Product Type (Sensors, Indoor Monitors, Outdoor Monitors), Sampling Method, Component, Application, End-User, and Region (North America, Europe, APAC, Latin America, MEA)—Global Forecast to 2026. [https:// www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/environmentalmonitoring-market-216846315.html](https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/environmentalmonitoring-market-216846315.html)
222. Marti, L., & Puertas, R. (2022). Sustainable energy development analysis: Energy Trilemma. *Sustainable Technology and Entrepreneurship*, 1(1), 100007.
223. Martinich, J., & Crimmins, A. (2019). Climate damages and adaptation potential across diverse sectors of the United States. *Nature Climate Change*, 9, 397-404. <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0444-6>.
224. McAfee, K. (2016). Green economy and carbon markets for conservation and development: a critical view. *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics*, 16, 333-353. DOI: 10.1007/s10784-015-9295-4.
225. McKinsey. (2023). Digital transformation survey results. [Research Report]. <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/featured%20insights/mckinsey%20explainers/what%20is%20digital%20transformation/what-is-digital-transformation.pdf>
226. Mele, A., Paglialunga, E., & Sforza, G. (2021). Climate cooperation from Kyoto to Paris: What can be learnt from the CDM experience?. *Socio-Economic Planning Sciences*, 75, 100942.

227. Mercure, J. F., Salas, P., Vercoulen, P., Semieniuk, G., Lam, A., Pollitt, H., ... & Vinuales, J. E. (2021). Reframing incentives for climate policy action. *Nature Energy*, 6(12), 1133-1143.
228. Messner, D., Schlacke, S., Fromhold-Eisebith, M., Grote, U., Matthies, E., Pittel, K., ... & Wegener, N. (2019). Towards Our Common Digital Future. WBGU Flagship Report.
229. Michaelowa, A., Hoch, S., Weber, A. K., Kassaye, R., & Hailu, T. (2021). Mobilising private climate finance for sustainable energy access and climate change mitigation in Sub-Saharan Africa. *Climate Policy*, 21(1), 47-62.
230. Mielczarski, W. (2020). Is the climate neutrality an illusion?. 2020 17th International Conference on the European Energy Market (EEM), 1-4. <https://doi.org/10.1109/EEM49802.2020.9221964>.
231. Milán-García, J., Caparrós-Martínez, J. L., Rueda-López, N., & de Pablo Valenciano, J. (2021). Climate change-induced migration: a bibliometric review. *Globalization and health*, 17(1), 74.
232. MIT Technology Review Insights. (2023). The Green Future Index 2023 [Report]. URL <https://www.technologyreview.com/2023/04/05/1070581/the-green-future-index-2023/>
233. Mohsin, M., Dilanchiev, A., & Umair, M. (2023). The impact of green climate fund portfolio structure on green finance: empirical evidence from EU countries. *Ekonomika*, 102(2), 130-144. <https://doi.org/10.15388/Ekon.2023.102.2.7>
234. Monasterolo, I. (2020). Climate Change and the Financial System. *Environmental Economics eJournal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3479380>.
235. Mongo, M., Laforest, V., Belaïd, F., & Tanguy, A. (2021). Assessment of the Impact of the Circular Economy on CO2 Emissions in Europe. *Journal of Innovation Economics & Management*. <https://doi.org/10.3917/jie.pr1.0107>.
236. Moorhead, P. (2022). Energy-As-A-Service—Unlocking Energy Savings Through Digitalization. <https://www.>

- forbes.com/sites/ patrickmoorhead/2022/01/03/energy-as-a-service--unlocking-energysavings-through-digitalization/
237. More, E., Evansb, S., McCaffrey, P., Probert, D., & Phaala, R. (2013). UK Manufacturing Foresight: Future Drivers of Change. In Manufacturing the Future EPSRE Conference.
238. Morsetto, P. (2020). Targets for a circular economy. *Resources, conservation and recycling*, 153, 104553.
239. Möslinger, M., Ulpiani, G., & Vettors, N. (2023). Circulareconomy and waste management to empower a climate-neutral urban future. *Journal of Cleaner Production*, 421, 138454.
240. Mugge, P., Abbu, H., Michaelis, T., Kwiatkowski, A., & Gudergan, G. (2020). Patterns of Digitization. *Research-Technology Management*, 63, 27 - 35. DOI <https://doi.org/10.1080/08956308.2020.1707003>.
241. Muiderman, K., Gupta, A., Vervoort, J., & Biermann, F. (2020). Four approaches to anticipatory climate governance: Different conceptions of the future and implications for the present. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 11(6), e673.
242. Murthy, K. B., Kalsie, A., & Shankar, R. (2021). Digital economy in a global perspective: is there a digital divide?. *Transnational Corporations Review*, 13(1), 1-15.
243. Nacu, T., & Jercan, E. (2023). Environmental Economy and Green Transition in the European Union: Two Complementary Concepts. *Economics, Management and Sustainability*. DOI: 10.14254/ems.2023.11-1.8.
244. Najarzadeh, R., Dargahi, H., Agheli, L., & Khameneh, K. B. (2021). Kyoto Protocol and global value chains: Trade effects of an international environmental policy. *Environmental Development*, 40, 100659.
245. Nalau, J., Becken, S., & Mackey, B. (2018). Ecosystem-based Adaptation: A review of the constraints. *Environmental science & policy*, 89, 357-364. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.08.014>

246. Nan-you, Y. (2010). Concept and Connotation of Low-carbon Economy. *Urban Environment & Urban Ecology*.
247. Nascimento, L., Kuramochi, T., Iacobuta, G., den Elzen, M., Fekete, H., Weishaupt, M., ... & Höhne, N. (2022). Twenty years of climate policy: G20 coverage and gaps. *Climate policy*, 22(2), 158-174. Full article: Twenty years of climate policy: G20 coverage and gaps (tandfonline.com)
248. Nasdaq (2019). ESG Reporting Guide. URL <https://www.nasdaq.com/docs/2019/11/26/2019-ESG-Reporting-Guide.pdf>
249. National Bureau of Economic Research (2020). The Macroeconomic Impact of Climate Change: Global vs. Local Temperature (No. w32450). DOI 10.3386/w32450 URL <https://www.nber.org/papers/w32450>
250. Newman, R., Noy, I. The global costs of extreme weather that are attributable to climate change. *Nat Commun* 14, 6103 (2023). DOI <https://doi.org/10.1038/s41467-023-41888-1>
251. Niñerola, A., Ferrer-Rullan, R., & Vidal-Suñé, A. (2020). Climate change mitigation: Application of management production philosophies for energy saving in industrial processes. *Sustainability*, 12(2), 717.
252. Niu, S., Park, B. and Jung, J. (2022). The Effects of Digital Leadership and ESG Management on Organizational Innovation and Sustainability. *Sustainability*, T. 14 (23), pp. 1563-1579. DOI <https://doi.org/10.3390/su142315639>.
253. Öhman, A., Karakaya, E., & Urban, F. (2022). Enabling the transition to a fossil-free steel sector: The conditions for technology transfer for hydrogen-based steelmaking in Europe. *Energy Research & Social Science*, 84, 102384.
254. Oliveira, A. M., Beswick, R. R., & Yan, Y. (2021). A green hydrogen economy for a renewable energy society. *Current Opinion in Chemical Engineering*, 33, 100701.
255. Orindi, V., Elhadi, Y., & Hesse, C. (2017). Democratising climate finance at local levels. In *Building a Climate Resilient Economy and Society*, 250-264. Edward Elgar Publishing. <https://doi.org/10.4337/9781785368455.00028>

256. Panait, M., Janjua, L. R., Apostu, S. A., & Mihăescu, C. (2023). Impact factors to reduce carbon emissions. Evidences from Latin America. *Kybernetes*, 52(11), 5669-5686.
257. Paoli, L.D.; Geoffron, P. Introduction. A critical overview of the European National Energy and Climate Plans. *Econ. Policy Energy Environ.* 2019, LXI, 31–41.
258. Parida, V., Sjödin, D., & Reim, W. (2019). Reviewing literature on digitalization, business model innovation, and sustainable industry: Past achievements and future promises. *Sustainability*, 11(2), 391.
259. Parubets, S. (2022). Digitalization amplification effect on international economic stability. Theoretical and applied issues of economics. DOI <https://doi.org/10.17721/tpe.2022.45.4>.
260. Pashchenko, D. S. (2023). Early Formalization of AI-tools Usage in Software Engineering in Europe: Study of 2023. *International Journal of Information Technology and Computer Science*.
261. Pasqualino, R., Demartini, M., & Bagheri, F. (2021). Digital transformation and sustainable oriented innovation: A system transition model for socio-economic scenario analysis. *Sustainability*, 13(21), 11564. DOI <https://doi.org/10.3390/su132111564>
262. Patermann, C., & Aguilar, A. (2021). A bioeconomy for the next decade. *EFB Bioeconomy Journal*, 1, 100005.
263. Patil, A., Shardeo, V., Dwivedi, A., Moktadir, M., & Bag, S. (2023). Examining the interactions among smart supply chains and carbon reduction strategies: To attain carbon neutrality. *Business Strategy and the Environment*. DOI <https://doi.org/10.1002/bse.3547>.
264. Pattberg, P., & Mert, A. (2013). The future we get might not be the future we want: Analyzing the Rio+ 20 outcomes. *Global Policy*, 4(3), 305-310.
265. Pauliuk, S., Koslowski, M., Madhu, K., Schulte, S., & Kilchert, S. (2022). Co-design of digital transformation and

- sustainable development strategies-What socio-metabolic and industrial ecology research can contribute. *Journal of Cleaner Production*, 343, 130997.
266. Pearce, D., Markandya, A., & Barbier, E. (2013). *Blueprint 1: for a green economy*. Routledge.
267. Pelsa, I., & Băliș, S. (2022). Main Priorities for a Green Deal Towards a Climate - Neutral Europe. *European Integration Studies*. <https://doi.org/10.5755/j01.eis.1.16.31331>.
268. Petkovski, I., Fedajev, A., & Bazen, J. (2022). Modelling complex relationships between sustainable competitiveness and digitalization. *Journal of Competitiveness*. <https://doi.org/10.7441/joc.2022.02.05>
269. Petmesidou, M., & Guillén, A. M. (2022). Europe's green, digital and demographic transition: A social policy research perspective. *Transfer: European Review of Labour and Research*, 28(3), 317-332.
270. Petrescu, A. M. R., Peters, G. P., Janssens-Maenhout, G., Ciais, P., Tubiello, F. N., Grassi, G., ... & Dolman, A. J. (2020). European anthropogenic AFOLU greenhouse gas emissions: a review and benchmark data. *Earth System Science Data*, 12(2), 961-1001.
271. Petruzzelli, E. (2020). A New Wave of Digitalization. *Chemical Engineering Progress*, 116, 3.
272. Pollice, R., Gomes, G. P., Aldeghi, M., Hickman, R. J., Krenn, M., Lavigne, C., ... & Aspuru-Guzik, A. (2021). Data-Driven Strategies for Accelerated Materials Design. *Accounts of Chemical Research*, 54, 849-860.
273. Pouikli, K., Delegkou, A., & Tsakalogianni, I. (2022). Circular economy for a Climate-Neutral Europe: Mapping the latest policy and legislative developments. *CCLR*, 16, 281.
274. Prasad, S., Peddoju, S. K., & Ghosh, D. (2021). Agriculture as a service. *IEEE Potentials*, 40(6), 34-43.
275. PwC. (2022). National tech champions: How to lead digital disruption. [Research Report]. URL <https://www.strategyand.pwc.com/m1/en/strategic-foresight/sector->

- strategies/technology/becoming-a-digital-disruptor/national-tech-champions.pdf
276. Qin, L., Kırıkkaleli, D., Hou, Y., Miao, X., & Tufail, M. (2021). Carbon neutrality target for G7 economies: Examining the role of environmental policy, green innovation and composite risk index. *Journal of environmental management*, 295, 113119. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113119>.
277. Ravichandran, S., & Roy, M. (2022). Green Finance: A Key to Fight with Climate Change. *Indian Journal of Economics and Finance*, 2(2), 34-38. DOI <https://doi.org/10.54105/ijef.B2526.112222>
278. Ren, Y., Li, B., & Liang, D. (2023). Impact of digital transformation on renewable energy companies' performance: Evidence from China. DOI <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.1105686>.
279. Richardson, R. (2013). Building a Green Economy: Perspectives from Ecological Economics. DOI <https://doi.org/10.5860/choice.51-5693>.
280. Riedl, R., Benlian, A., Hess, T., Stelzer, D., & Sikora, H. (2017). On the relationship between information management and digitalization. *Business & Information Systems Engineering*, 59, 475-482.
281. Rockström, J., Gupta, J., Qin, D., Lade, S. J., Abrams, J. F., Andersen, L. S., ... & Zhang, X. (2023). Safe and just Earth system boundaries. *Nature*, 619(7968), 102-111.
282. Rodrigues, R. (2020). Legal and human rights issues of AI: Gaps, challenges and vulnerabilities. *Journal of Responsible Technology*, 4, 100005. <https://doi.org/10.1016/j.jrt.2020.100005>
283. Rosenbaum, E. (2019). Rebound effects and green growth – An examination of their relationship in a parsimonious equilibrium input-output-framework. *Journal of Cleaner Production*, 225, 121 - 132. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.296>

284. Salazar, V., & Katigbak, J. J. P. (2022). Enhancing the Green Climate Fund operations through a climate justice lens. *International Journal*, 77(2), 368-377. <https://doi.org/10.1177/00207020221130306>
285. Santarius, T., Pohl, J., & Lange, S. (2020). Digitalization and the decoupling debate: can ICT help to reduce environmental impacts while the economy keeps growing? *Sustainability*, 12(18), 7496.
286. Scheuing, H., & Kamm, J. (2022). The EU on the road to climate neutrality—is the ‘Fit for 55’ package fit for purpose?. *Renewable Energy Law and Policy Review*, 10(3-4), 4-18.
287. Schreyer, F., Luderer, G., Rodrigues, R., Pietzcker, R. C., Baumstark, L., Sugiyama, M., & Ueckerdt, F. (2020). Common but differentiated leadership: strategies and challenges for carbon neutrality by 2050 across industrialized economies. *Environmental Research Letters*, 15(11), 114016. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abb852>
288. Schumacher, E. F. (2011). *Small is beautiful: A study of economics as if people mattered*. Random House.
289. Semenza, J., & Ebi, K. (2019). Climate change impact on migration, travel, travel destinations and the tourism industry. *Journal of Travel Medicine*, 26. <https://doi.org/10.1093/jtm/taz026>.
290. SG Andrae, A. (2020). New perspectives on internet electricity use in 2030. *Engineering and Applied Science Letter*, 3(2), 19-31
291. Shao, X., Zhong, Y., Li, Y., & Altuntaş, M. (2021). Does environmental and renewable energy R&D help to achieve carbon neutrality target? A case of the US economy.. *Journal of environmental management*, 296, 113229 . <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113229>.
292. Sheng, H., Feng, T., & Liu, L. (2022). The influence of digital transformation on low-carbon operations management practices and performance: does CEO ambivalence

- matter?. *International Journal of Production Research*, 61, 6215 - 6229. <https://doi.org/10.1080/00207543.2022.2088426>.
293. Siddi, M. (2020). The European Green Deal: asseasing its current state and future implementation. *Upi Report*, 114.
294. Singhal, K., Pawar, A., & Deedwania, S. (2021). Impact of Climate Change on Oil and Gas Sector and Mitigation Approach for Sustainable Development. *Sustainable Climate Action and Water Management*. https://doi.org/10.1007/978-981-15-8237-0_19.
295. Smith, K. (2017). Innovating for the global commons: multilateral collaboration in a polycentric world. *Oxford Review of Economic Policy*, 33, 49-65. <https://doi.org/10.1093/OXREP/GRW039>.
296. Smith-Godfrey, S. (2016). Defining the blue economy. *Maritime affairs: Journal of the national maritime foundation of India*, 12(1), 58-64.
297. Soava, G., Mehedintu, A., & Sterpu, M. (2022). Analysis and Forecast of the Use of E-Commerce in Enterprises of the European Union States.
298. Soergel, B., Krieglner, E., Weindl, I., Rauner, S., Dirnaichner, A., Ruhe, C., ... & Popp, A. (2021). A sustainable development pathway for climate action within the UN 2030 Agenda. *Nature Climate Change*, 11(8), 656-664.
299. Song, M., Latif, M. I., Zhang, J., & Omeran, M. (2023). Examining the energy trilemma index and the prospects for clean energy development. *Gondwana Research*, 122, 11-22.
300. Sovacool, B. K., Baum, C. M., Low, S., Roberts, C., & Steinhauser, J. (2022). Climate policy for a net-zero future: ten recommendations for Direct Air Capture. *Environmental Research Letters*, 17(7), 074014. Financing climate justice in the European Union and China: common mechanisms, different perspectives | SpringerLink
301. Sparkman, G., Geiger, N., & Weber, E. U. (2022). Americans experience a false social reality by underestimating popular climate policy support by nearly half. *Nature Communications*, 13(1), 4779.

302. Staszewski, T. (2023). Halting climate change by achieving net-zero CO₂ emissions with circular and renewable energy sources. *Inżynieria Bezpieczeństwa Obiektów Antropogenicznych*. <https://doi.org/10.37105/iboa.169>.
303. Stegmann, P., Londo, M., & Junginger, M. (2020). The circular bioeconomy: Its elements and role in European bioeconomy clusters. *Resources, Conservation & Recycling*, X, 6, 100029.
304. Sterner, M., & Kotzur, L. (2022). Möglicher Gas-Lieferstopp: Wie bereitet sich Deutschland auf den Winter vor? <https://www.sciencemediacenter.de/alle-angebote/rapid-reaction/details/news/moeglicher-gasliefierstopp-wie-bereitet-sich-deutschland-auf-den-winter-vor/>
305. Stoker, L., Ghosh, U. and Shao, X. (2023), "Reuters Impact: Global Sustainability Report", available at https://www.thomsonreuters.com/en-us/posts/wp-content/uploads/sites/20/2023/10/Sustainability-Report_Reuters-Impact.pdf (Accessed 18.02.2024)
306. Stoll, P. P., Pauw, W. P., Tohme, F., & Gruening, C. (2021). Mobilizing private adaptation finance: lessons learned from the Green Climate Fund. *Climatic Change*, 167(3-4), 45. <https://doi.org/10.1007/s10584-021-03190-1>
307. Stop Funding Heat (2021). In Denial - Facebook's growing friendship with climate misinformation report. <https://stopfundingheat.info/wp-content/uploads/2021/11/in-denial-v2.pdf>.
308. Su, R., & Sun, R. (2021). Editorial: Impact of climate change on the hydrological cycle. *Journal of Water and Climate Change*. <https://doi.org/10.2166/wcc.2021.100>.
309. Summa, D., Lanzoni, M., Castaldelli, G., Fano, E. A., & Tamburini, E. (2022). Trends and opportunities of bivalve shells' waste valorization in a prospect of circular blue bioeconomy. *Resources*, 11(5), 48.
310. Surfshark. (2023). *Digital Quality of Life Index 2023*. Retrieved from <https://surfshark.com/dql2023>

311. Sustainability in the Digital Age. Digital Climate Project Database[Online]. Available: <https://sustainabilitydigitalage.org/> [Accessed: April. 15, 2023].
312. Tabor, D., Roch, L., Saikin, S., Kreisbeck, C., Sheberla, D., Montoya, J., Dwaraknath, S., Aykol, M., Ortiz, C., Tribukait, H., Amador-Bedolla, C., Brabec, C., Maruyama, B., Persson, K., & Aspuru-Guzik, A. (2018). Accelerating the discovery of materials for clean energy in the era of smart automation. *Nature Reviews Materials*, 3, 5-20. <https://doi.org/10.1038/s41578-018-0005-z>.
313. Talaei, A., Gemechu, E., & Kumar, A. (2020). Key factors affecting greenhouse gas emissions in the Canadian industrial sector: A decomposition analysis. *Journal of Cleaner Production*, 246, 119026. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119026>.
314. Tan, E. C., & Lamers, P. (2021). Circular bioeconomy concepts—a perspective. *Frontiers in sustainability*, 2, 701509.
315. Tan, J., & Wang, R. (2021). Research on evaluation and influencing factors of regional ecological efficiency from the perspective of carbon neutrality.. *Journal of environmental management*, 294, 113030 . <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113030>.
316. Tao, R., Umar, M., Naseer, A., & Razi, U. (2021). The dynamic effect of eco-innovation and environmental taxes on carbon neutrality target in emerging seven (E7) economies.. *Journal of environmental management*, 299, 113525 . <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113525>.
317. Terzić, L. (2023). WHY IS THE TRANSITION TO A GREEN ECONOMY IMPORTANT FOR ACHIEVING SUSTAINABILITY? A REVIEW OF SOME THEORETICAL APPROACHES AND EMPIRICAL RESEARCH PRESENTED IN THE LITERATURE. *Economic Thought journal*. DOI: 10.56497/etj2368303.
318. Thompson, N. C., Greenewald, K., Lee, K., & Manso, G. F. (2020). The computational limits of deep learning. *arXiv preprint arXiv:2007.05558*, 10

319. Thomson, A., Calvin, K., Smith, S., Kyle, G., Volke, A., Patel, P., Delgado-Arias, S., Bond-Lamberty, B., Wise, M., Clarke, L., & Edmonds, J. (2011). RCP4.5: a pathway for stabilization of radiative forcing by 2100. *Climatic Change*, 109, 77-94. <https://doi.org/10.1007/S10584-011-0151-4>.
320. Toktarova, A., Walter, V., Göransson, L., & Johnsson, F. (2022). Interaction between electrified steel production and the north European electricity system. *Applied Energy*, 310, 118584. DOI <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.118584>
321. Tol, R. S. (2023). Social cost of carbon estimates have increased over time. *Nature climate change*, 13(6), 532-536.
322. Toscano, A., Balzarotti, M. And Re, I. (2022), "Sustainability Practices and Greenwashing Risk in the Italian Poultry Sector: A Grounded Theory Study", *Sustainability*, T. 14 (21), pp. 1408-1419.
323. Townsend, J. H., & Coroama, V. C. (2018). Digital acceleration of sustainability transition: The paradox of push impacts. *Sustainability*, 10(8), 2816.
324. Tsakalidis, A., Gkoumas, K., & Pekár, F. (2020). Digital Transformation Supporting Transport Decarbonisation: Technological Developments in EU-Funded Research and Innovation. *Sustainability*, 12, 3762. DOI <https://doi.org/10.3390/su12093762>.
325. Turner, R. K., Pearce, D. W., & Bateman, I. (1993). *Environmental economics: an elementary introduction*. Johns Hopkins University Press.
326. Umar, M., Raza, M. Y., & Xu, Y. (2023). Determinants of CO2 emissions and economic progress: a case from a developing economy. *Heliyon*, 9(1). DOI <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12303>
327. UN Secretary-General (1987). Report of the World Commission on Environment and Development: note/by the Secretary-General. World Commission on Environment and Development. <https://digitallibrary.un.org/record/139811?v=pdf>

328. UN. (2023). *Post-pandemic world economy still feeling COVID-19's sting*. URL <https://news.un.org/en/story/2023/05/1124587>
329. UNCTAD (2021) Digital Economy Report. United Nations Publications. UNCTAD/DER/2021
330. UNDP Digital Strategy 2022-2025: United Nations Development Programme. (2022). *Digital Strategy 2022-2025*. URL <https://digitalstrategy.undp.org>
331. UNFCCC. (2021). A Beginner's Guide to Climate Neutrality. URL <https://unfccc.int/blog/a-beginner-s-guide-to-climate-neutrality>
332. United Nations (2023), "First global stocktake", *Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Paris Agreement*, United Arab Emirates, Item 4, 21 p.
333. United Nations Conference on Trade and Development (2020). Digital economy growth and mineral resources: implications for developing countries. URL https://unctad.org/system/files/officialdocument/tn_unctad_ict4d16_en.pdf.
334. United Nations Environment Programme [UNEP]. (2022). Emissions Gap Report 2022: The Closing Window. Climate Crisis Calls for Rapid Transformation of Societies. UN.
335. United Nations Environment Programme. (2024). *Digital Accelerator Lab Solutions*. URL <https://www.unep.org/topics/digital-transformations/digital-accelerator-lab/digital-accelerator-lab-solutions>
336. United Nations Framework Convention on Climate Change. (2022). *China's achievements, new goals and new measures for nationally determined contributions [PDF]*. URL <https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/China%E2%80%99s%20Achievements%2C%20New%20Goals%20and%20New%20Measures%20for%20Nationally%20Determined%20Contributions.pdf>
337. United Nations. (2021). UN 2.0: *Quintet of Change*. URL https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/2021/09/un_2.0_-_quintet_of_change.pdf
338. United Nations. (2022). *The Sustainable Development Goals Report 2022*. URL https://unstats.un.org/sdgs/report/2022/extended-report/Extended-Report_Goal-7.pdf

339. United Nations. (2023). *Harnessing Emerging Technologies for Scalable, Global, Ethical & Equitable Education*. URL <https://sdgs.un.org/sites/default/files/2023-05/B85%20-%20Nyhan%20-%20Harnessing%20Emerging%20Technologies%20for%20Scalable%2C%20Global%2C%20Ethical%20%26%20Equitable%20Education.pdf>
340. Van der Heijden, J. (2019). Studying urban climate governance: Where to begin, what to look for, and how to make a meaningful contribution to scholarship and practice. *Earth System Governance*, 1, 100005.
341. Van der Velden, M. (2018). Digitalisation and the UN Sustainable Development Goals: What role for design. *ID&A Interaction design & architecture (s)*, (37), 160-174.
342. Vasilescu, M. D., Dimian, G. C. and Gradinaru, G. I. (2023), "Green entrepreneurship in challenging times: a quantitative approach for European countries", *Economic research-Ekonomska istraživanja*, 36(1), 1828-1847.
343. Verde, S. F. (2020). The impact of the EU emissions trading system on competitiveness and carbon leakage: the econometric evidence. *Journal of Economic Surveys*, 34(2), 320-343.
344. Versal, N., & Sholoiko, A. (2022). Green bonds of supranational financial institutions: On the road to sustainable development. *Investment Management and Financial Innovations*. DOI [https://doi.org/10.21511/imfi.19\(1\).2022.07](https://doi.org/10.21511/imfi.19(1).2022.07).
345. Vial, G. (2019). Understanding digital transformation: A review and a research agenda. *J. Strateg. Inf. Syst.*, 28, 118-144. <https://doi.org/10.1016/J.JSIS.2019.01.003>.
346. Victoria, M., Zhu, K., Brown, T., Andresen, G. B., & Greiner, M. (2020). Early decarbonisation of the European energy system pays off. *Nature Communications*, 11(1), 6223. DOI <https://doi.org/10.1038/s41467-020-20015-4>
347. Vijai, C., Wisetsri, W., & Elayaraja, M. (2023). Climate change and its impact on agriculture. *International Journal*

- of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine. DOI <https://doi.org/10.25303/1104ijasvm0108>.
348. Vlasceanu et al. (2024). Addressing climate change with behavioral science: A global intervention tournament in 63 countries. – processed by Our World in Data. “Support political action on climate” [dataset]. Vlasceanu et al. (2024). Addressing climate change with behavioral science: A global intervention tournament in 63 countries., “public_support_climate_vlasceanu” [original data].
349. Voitsekh, V. (2023). RETROSPECTIVE ANALYSIS OF THE WORD “DIGITALIZATION”. Business, Economics, Sustainability, Leadership and Innovation. DOI <https://doi.org/10.37659/2663-5070-2022-9-4-9>.
350. von der Leyen, U. (2023, December 1). COP28: What leaders say about the future of the planet. DW. DOI <https://www.dw.com/en/cop28-what-leaders-say-about-the-future-of-the-planet/a-60357529>
351. von Malmborg, F. (2024). Explaining differences in policy learning in the EU» Fit for 55” climate policy package. European Policy Analysis.
352. Vosoughi, S., Roy, D., and S. Aral (2018). The spread of true and false news online. *Science* 359(6380), 1146–1151
353. Vrana, J., & Singh, R. (2021). Digitization, digitalization, and digital transformation. *Handbook of nondestructive evaluation* 4.0, 1-17.
354. Vuuren, D., Stehfest, E., Elzen, M., Kram, T., Vliet, J., Deetman, S., Isaac, M., Goldewijk, K., Hof, A., Beltran, A., Oostenrijk, R., & Ruijven, B. (2011). RCP2.6: exploring the possibility to keep global mean temperature increase below 2°C. *Climatic Change*, 109, 95-116. <https://doi.org/10.1007/S10584-011-0152-3>.
355. Vysna, V., Meas, J., Petersen, J.-E., La Notte, A., Vallecillo, S., Aizpurua, N., Ivits, E., & Teller, A. (2021). Accounting for ecosystems and their services in the European Union (INCA)–2021 edition. Publications Office of the European

- Union. <https://ec.europa.eu/eurostat/en/web/products-statistical-reports/-/ks-ft-20-002>
356. Wang, D., Guan, D., Zhu, S., Kinnon, M., Geng, G., Zhang, Q., Zheng, H., Lei, T., Shao, S., Gong, P., & Davis, S. (2020). Economic footprint of California wildfires in 2018. *Nature Sustainability*, 4, 252-260. DOI <https://doi.org/10.1038/s41893-020-00646-7>.
357. Wang, F., Cai, W., & Elahi, E. (2021). Do Green Finance and Environmental Regulation Play a Crucial Role in the Reduction of CO2 Emissions? An Empirical Analysis of 126 Chinese Cities. *Sustainability*. DOI <https://doi.org/10.3390/su132313014>.
358. Wang, L., Liu, S., & Xiong, W. (2022). The Impact of Digital Transformation on Corporate Environment Performance: Evidence from China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19. DOI <https://doi.org/10.3390/ijerph191912846>.
359. Wang, P., Zhong, P., Yu, M., Pu, Y., Zhang, S., & Yu, P. (2022). Trends in energy consumption under the multi-stage development of ICT: Evidence in China from 2001 to 2030. *Energy Reports*, 8, 8981-8995.
360. Wang, S. J., & Moriarty, P. (2019). Energy savings from Smart Cities: A critical analysis. *Energy Procedia*, 158, 3271–3276. DOI <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2019.01.985>
361. Wang, Y., & Taghizadeh-Hesary, F. (2023). Green bonds markets and renewable energy development: Policy integration for achieving carbon neutrality. *Energy Economics*, 123, 106725.
362. WBGU. (2019). Towards Our Common Digital Future. Flagship Report. German Advisory Council on Global Change (WBGU). URL <https://www.wbgu.de/en/publications/publication/towards-our-common-digital-future>
363. Wei, W., Chen, Z., Geng, Y., Cai, W., & Liu, H. (2021). Toward Carbon Neutrality: Circular Economy Approach

- and Policy Implications. , 36, 1030-1038. DOI <https://doi.org/10.16418/J.ISSN.1000-3045.20210808002>.
364. Wendler, F. (2022). Contesting the European Union in a changing climate: policy narratives and the justification of supranational governance. *Journal of Contemporary European Studies*, 30(1), 67-83. Contesting the European Union in a changing climate: policy narratives and the justification of supranational governance: *Journal of Contemporary European Studies*: Vol 30, No 1 (tandfonline.com)
365. Williges, K.; Van der Gaast, W.; de Bruyn-Szendrei, K.; Tuerk, A.; Bachner, G. (2022) The potential for successful climate policy in National Energy and climate plans: Highlighting key gaps and ways forward. *Sustain. Earth* 2022, 5, 1.
366. Woerdman, E., Roggenkamp, M., & Holwerda, M. (Eds.). (2021). *Essential EU climate law*. Edward Elgar Publishing.
367. Wolf, S., Teitge, J., Mielke, J., Schütze, F., & Jaeger, C. (2021). The European Green Deal—more than climate neutrality. *Intereconomics*, 56, 99-107.
368. World Bank (2020). Minerals for Climate Action: The Mineral Intensity of the Clean Energy Transition. URL <http://pubdocs.worldbank.org/en/961711588875536384/Minerals-for-Climate-ActionThe-Mineral-Intensity-of-the-Clean-Energy-Transition.pdf>.
369. World Bank Group. (2016). World development report: Digital dividends. World Bank Publications.
370. World Economic Forum (2019). A New Circular Vision for Electronics, Time for a Global Reboot. URL <https://www.weforum.org/reports/a-new-circular-vision-for-electronics-time-for-a-global-reboot>
371. World energy council (2024) World Energy Trilemma 2024: Evolving with Resilience and Justice. URL <https://www.worldenergy.org/publications/entry/world-energy-trilemma-report-2024>

372. World Resources Institute. (2020). How to Build a Circular Economy. URL <https://www.wri.org/insights/how-build-circular-economy>
373. Wüstenhagen, R., Wolsink, M., & Burer, M. J. (2007). Social Acceptance of Renewable Energy Innovation: An Introduction to the Concept. *Energy Policy*, 35(5), 2683–2691. DOI <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2006.12.001>
374. WWF. (2019). An EU fund for a just transition –What it should be and why it matters. URL <https://www.wwf.eu/?349035/An-EU-fund-for-a-justtransition---what-it-should-be-and-why-it-matters>
375. Xinfu, T., & Jinglin, L. (2022). Study of the mechanism of digitalization boosting urban low-carbon transformation. DOI <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.982864>.
376. Xing, L., Udemba, E. N., Tosun, M., Abdallah, I., & Boukhris, I. (2023). Sustainable development policies of renewable energy and technological innovation toward climate and sustainable development goals. *Sustainable Development*, 31(2), 1178-1192.
377. Yang, H., Shahzadi, I., & Hussain, M. (2021). USA carbon neutrality target: Evaluating the role of environmentally adjusted multifactor productivity growth in limiting carbon emissions.. *Journal of environmental management*, 298, 113385. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113385>.
378. Yu, W., Gu, Y. And Dai, J. (2022), “Industry 4.0-Enabled ESG Reporting: A Case from a Chinese Energy Company”, *SSRN Electronic Journal*, T. 20 (1), pp. 245-258. URL <https://doi.org/10.2139/ssrn.4063071>.
379. Yu-hai, Z. (2010). Low-Carbon Economy and Low-Carbon Technology. *Journal of Xi'an University of Arts and Science*.
380. Zero Partnership. (2021). Strategic Research and Innovation Agenda (SRIA). URL <https://www.2zeroemission.eu/wp-content/uploads/2021/12/2021-2Zero-SRIA-FINAL-1.pdf>

381. Zhanbayev, R., & Bu, W. (2023). How does digital finance affect industrial transformation?. *Journal of Information Economics*. DOI <https://doi.org/10.58567/jie01010002>.
382. Zhang, W., Zhou, H., Chen, J., & Fan, Z. (2022). An empirical analysis of the impact of digital economy on manufacturing green and low-carbon transformation under the dual-carbon background in China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(20), 13192.
383. Zhao, J., Liu, D., & Huang, R. (2023). A review of climate-smart agriculture: Recent advancements, challenges, and future directions. *Sustainability*, 15(4), 3404. DOI <https://doi.org/10.3390/su15043404>
384. Zhao, W. (2022). China's goal of achieving carbon neutrality before 2060: experts explain how. *National Science Review*, 9(8), nwac115. DOI <https://doi.org/10.1093/nsr/nwac115>
385. Zheng, M., Du, Q., & Wang, Q. (2022). Nexus between Green Finance and Renewable *Energy Development in China. Emerging Markets Finance and Trade*, 59, 1205 - 1218. DOI <https://doi.org/10.1080/1540496X.2022.2119811>.
386. Zhong, Y., Zhao, H. and Yin, T. (2023), "Resource Bundling: How Does Enterprise Digital Transformation Affect Enterprise ESG Development?", *Sustainability*, T. 15 (2), pp. 1319-1331.
387. Ziegler, R. (2016). Climate Neutrality – Towards An Ethical Conception of Climate Neutrality. *Ethics, Policy & Environment*, 19, 256 - 272. DOI <https://doi.org/10.1080/21550085.2016.1226241>.
388. Zou, C., Xiong, B., Xue, H., Zheng, D., Ge, Z., Wang, Y., Jiang, L., Pan, S., & Wu, S. (2021). The role of new energy in carbon neutral. *Petroleum Exploration and Development*, 48, 480-491. DOI [https://doi.org/10.1016/S1876-3804\(21\)60039-3](https://doi.org/10.1016/S1876-3804(21)60039-3).
389. Борисяк О. В., Іванечко Н. Р. (2021) Формування цифрового комунікативного середовища з надання енергетичних послуг на засадах кліматично нейтрального розвитку. *Бізнес Інформ*. 2021. №3. С. 44–50. <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2021-3-44-50>

390. Гальцова О., Трохімець О., Носатов І. (2021). Диджиталізація розвитку національної економіки. *Цифрова економіка як фактор економічного зростання держави* (колективна монографія за ред. Гальцової О.). 2021. С. 65.
391. Гуцалюк, В (2022). Особливості застосування нормативної сили ЄС для утвердження кліматичних цінностей в Україні. *Political and Legal Studies*. Vol. 1, Issue 1: pp. 38–4 DOI: 10.15804/CPLS.20221.04
392. ЄБРР (2020). Проект «Підтримка Уряду України щодо оновлення національно-визначеного внеску». Сценарії розвитку енергетики України до 2050 р. в контексті реалізації Паризької угоди
393. Івасечко, О. Я., & Мельник, Б. П. (2021). Стратегія кліматичної політики “Green Deal”: особливості імплементації у ЄС та в Україні. 11.pdf (uzhnu.edu.ua)
394. Клерк Л., Шлапак М., Шмурак А., Гасан-Заде О., ..., Городинський І. (2023) ВПЛИВ РОСІЙСЬКОЇ ВІЙНИ В УКРАЇНІ НА КЛІМАТ. Звіт Екодія. <https://ecoaction.org.ua/vplyv-rosijskoi-vijny-v-ukraini-na-klimat.html>
395. Косович, Б. І. (2021). Диджиталізація як інноваційний тренд у забезпеченні сталого розвитку. Диджиталізація економіки як фактор економічного зростання (колективна монографія). 260 с.
396. Пімоненко Т. (2021) Стохастичне моделювання дорожньої карти гармонізації вітчизняних та євро-пейських стандартів регулювання енергетичного ринку на шляху переходу до циркулярної та вуглецево-нейтральної економіки: Етап 1 «Аналіз асинхронності енергетичної політики України з європейськими практиками реалізації енергоефективної компоненти кліматичної стратегії «Green Deal Policy» та прогнозування структури енергетичного балансу України і структури енерговиробництва за типами відновлювальних джерел енергії»: звіт про НДР (проміжний) / кер. Т. В. Пімоненко. Суми, 2021. 125 с.

397. РАЦ Суспільство і довкілля (2021). Вплив механізму вуглецевого коригування імпорту (CBAM) на торгівлю України з ЄС [Аналітичний документ]. URL <https://rac.org.ua/vstup-do-yes-uk/yevropejskyj-zelenyj-kurs/vplyv-mehanizmu-vugleczevogo-koryguvannya-importu-cbam-na-torgivlyu-ukrayiny-z-yes/>

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Ключові інструменти Зеленого курсу ЄС та їх роль для досягнення кліматичної нейтральності

Назва інструменту	Сутність	Ключовий фокус	Принцип	Роль для кліматичної нейтральності економіки
1	2	3	4	5
Fit for 55 package	Пакет законодавчих ініціатив для зниження викидів на 55% до 2030 року.	ЄС, промисловість, енергетика	Законодавчі заходи, регулювання, стимули для зменшення викидів.	Зниження викидів, стимулювання переходу на чисті технології.
Carbon Border Adjustment Mechanism	Механізм для зменшення ризику витоку вуглецю.	Імпортери до ЄС	Введення податків на продукцію з високим рівнем викидів CO ₂ з-за кордону.	Запобігання викидам, стимулювання глобального зменшення вуглецевого сліду.
Uptake of alternative fuels and infrastructure	Розвиток альтернативних видів палива та відповідної інфраструктури.	Транспортна галузь	Розвиток інфраструктури для зарядки електромобілів та заправки гідроеном, стимули для виробників і споживачів.	Зменшення залежності від викопних палив, зниження викидів.

Продовження дод. А

1	2	3	4	5
EU taxonomy for sustainable activities	Система класифікації сталих економічних активностей.	Бізнес, інвестори	Нормативна рамка для визначення сталості діяльності, критерії для інвестування.	Спрямування інвестицій у сталі проекти, зміцнення зеленої економіки.
Renovation wave	Ініціатива збільшення енергоефективності будівель.	Власники будівель, уряди	Реконструкція і модернізація існуючих будівель, програми підтримки та фінансування для власників.	Зниження енергоспоживання та викидів, підвищення ефективності ресурсів.
Forest strategy	Стратегія на збереження та розширення лісових ресурсів.	Уряди, лісові господарства	Законодавчі заходи та ініціативи для сталого лісівництва, відновлення пошкоджених лісів, підтримка біорізноманіття.	Підвищення поглинання CO ₂ , збереження біорізноманіття.
Farm-to-fork strategy	Стратегія покращення стійкості харчових систем.	Сільське господарство, виробники їжі	Стимулювання сталих практик від виробництва до споживання, зменшення викидів в аграрному секторі.	Зменшення викидів в аграрному секторі, підвищення екологічності продукції.
Zero-pollution	Ціль досягнення значного зменшення забруднення.	Промисловість, муніципалітети	Регулювання і заходи для зменшення забруднення води, повітря, ґрунтів.	Зниження впливу забруднення на здоров'я та екосистеми.

Продовження дод. А

1	2	3	4	5
Sustainable and smart mobility strategy	Стратегія розвитку сталого та розумного транспорту.	Транспортна індустрія, споживачі	Впровадження інновацій у транспортний сектор, розвиток нових транспортних рішень.	Зниження викидів від транспорту, підвищення мобільності.
Circular economy package	Пакет заходів для кругової економіки.	Бізнес, виробники, споживачі	Максимізація/Максималізація ресурсо- та енерго-ефективності, переробка, мінімізація відходів.	Зменшення ресурсного споживання та викидів, збільшення ресурсної стійкості.
Nature protection and restoration	Охорона та відновлення природних середовищ і біорізноманіття.	Уряди, екологічні організації	Захист і відновлення природних територій, забезпечення сталого використання природних ресурсів.	Відновлення екосистем, покращення природного поглинання вуглецю.

Джерело: аналіз авторів

ДОДАТОК Б

Детермінанти розвитку кліматичної нейтральності світової економіки: аналіз наукових досліджень

Iqbal et al., 2021 [164]		
Диверсифікація експорту	Екологічні інновації	Фіскальна децентралізація
Зменшення залежності від певних галузей шляхом розширення асортименту експортованих товарів та послуг для зниження ризиків і підвищення стійкості економіки	Інвестування в новітні технології, що спрямовані на зменшення викидів та підвищення ефективності використання ресурсів, що включає розробку екологічно чистих продуктів і процесів	Підтримка місцевих урядів у впровадженні політик, спрямованих на екологічне зростання та зменшення викидів, що дозволяє краще враховувати місцеві особливості та потреби
Tan & Wang, 2021 [315]		
Структура енергоспоживання	Індустріальні політики	Інфраструктура
Перехід на відновлювані джерела енергії для зменшення залежності від викопних палив та зниження викидів парникових газів	Розробка та впровадження політик, що сприяють екологічній ефективності промислових об'єктів, включаючи підтримку зеленої енергетики та екологічно чистих виробничих процесів	Інвестування в модернізацію та розвиток інфраструктури, яка/що підтримує зелену економіку, включаючи розвиток громадського транспорту та енергоефективних будівель
Qin et al., 2021 [276]		
Екологічна політика	Наукові дослідження та розробки	Політична стабільність
Впровадження та посилення політик, спрямованих на стимулювання зелених інновацій та розвиток відновлюваної енергії, що допомагає зменшити викиди парникових газів	Інвестування в дослідження та розробку нових технологій у сфері відновлюваної енергії та енергоефективності, що сприяє досягненню кліматичних цілей	Забезпечення стабільного політичного середовища, що знижує ризики для інвесторів та сприяє сталому розвитку

Продовження додатка Б

1	2	3
Tao et al., 2021 [316]		
Екологічні податки	Розвиток зелених технологій	Інновації у відновлювану енергію
Введення податкових стимулів для зменшення викидів, що спонукає підприємства інвестувати в екологічно чисті технології та процеси	Інвестування в розробку та впровадження зелених технологій, які/що спрямовані на зниження екологічного впливу та покращення енергоефективності	Підтримка інновацій у сфері відновлюваної енергії, що включає розвиток нових джерел енергії та покращення існуючих технологій
Li et al., 2021 [203]		
Відновлювана електроенергія	Зелені товари в міжнародній торгівлі	Двосторонні торговельні відносини
Розширення виробництва електроенергії з відновлюваних джерел, що допомагає знизити залежність від викопних палив та зменшити викиди CO ₂	Збільшення частки екологічно чистих товарів у міжнародній торгівлі, що сприяє глобальній екологічній стійкості	Розвиток торговельних відносин з акцентом на екологічну стійкість, що включає співпрацю у сфері екологічних технологій та відновлюваної енергії
Patil et al., 2023 [263]		
Розумні ланцюги поставок	Зелений транспорт	Кругова економіка
Використання інтелектуальних технологій для створення ефективних і розумних ланцюгів поставок, що допомагає знизити вуглецевий слід промислових процесів	Розвиток екологічно чистого транспорту з метою зменшення викидів вуглецю	Впровадження практик кругової економіки для зменшення відходів та підвищення ефективності використання ресурсів
Shao et al., 2021 [291]		
R&D у сфері відновлюваної енергії		Енергоефективність
Інвестування в наукові дослідження та розробку технологій у сфері відновлюваної енергії для зниження викидів CO ₂		Підвищення енергоефективності виробничих процесів та будівель для зменшення енергоспоживання
Schreyer et al., 2020 [287]		

Продовження додатка Б

1	2	3
Технології управління вуглецем	Мережа транспортування CO ₂	Зменшення потреби у прямих установках захоплення повітря
Використання технологій управління вуглецем, включаючи захоплення, транспортування, використання і зберігання вуглецю.	Розвиток мережі транспортування CO ₂ для оптимізації управління вуглецевими технологіями	Використання точкового захоплення вуглецю для зменшення потреби у прямих установках захоплення повітря
Wei et al., 2021 [363]		
Кругова економіка		Політики для підтримки кругової економіки
Впровадження принципів кругової економіки, таких як зменшення, повторне використання і переробка для досягнення цілей вуглецевої нейтральності		Розвиток політик для підтримки кругової економіки, що включає підтримку екологічних технологій та практик
Du et al., 2023 [75]		
Зелені інновації у логістиці		Зелені фінансові інвестиції
Впровадження зелених інновацій у логістиці для зменшення транспортних викидів CO ₂		Сприяння розвитку зелених фінансових інновацій для підтримки стійкого розвитку
Yang et al., 2021 [377]		
Інноваційні зелені процеси		Екологічна стабільність у виробництві
Використання інноваційних зелених процесів для підвищення екологічної ефективності виробництва		Орієнтація на екологічну стабільність у виробництві для зменшення впливу на навколишнє середовище

ДОДАТОК В

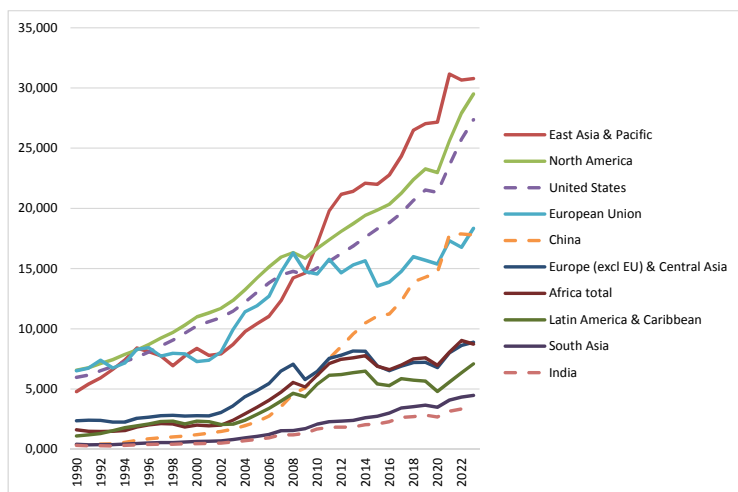


Рис. В1. Динаміка ВВП за регіонами світу та деякими країнами (трлн дол.)

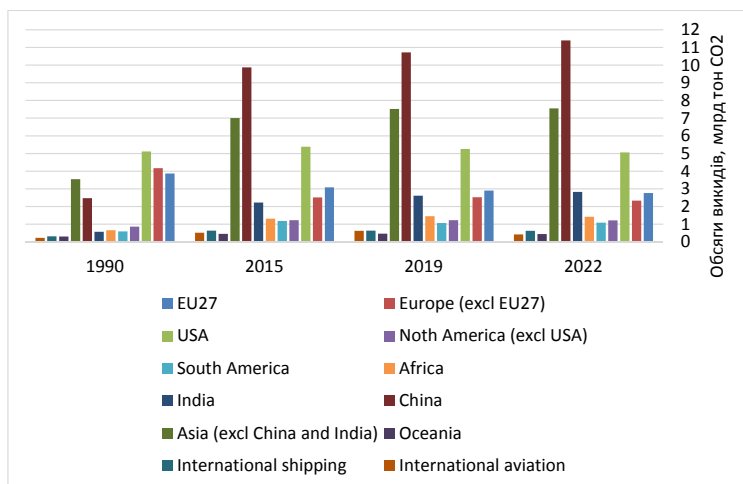


Рис. В2. Обсяги викидів за регіонами світу та деякими країнами

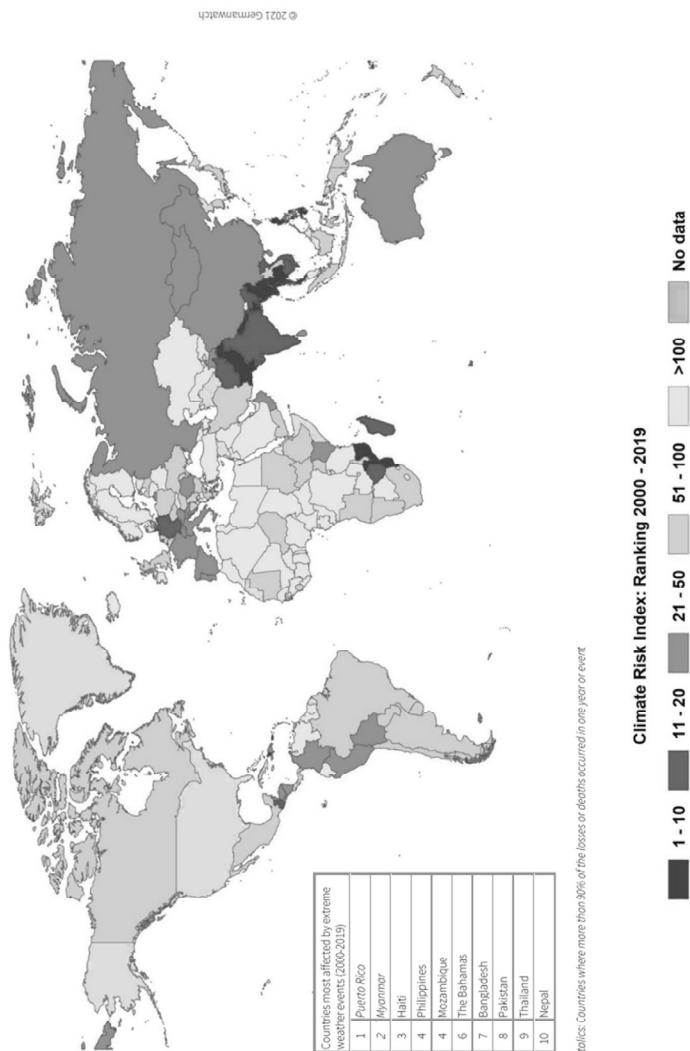
ДОДАТОК Г

Індекс зеленого майбутнього (групи країн)

		RANK				RANK				RANK				
		2023	2022			2023	2022			2023	2022			
Green Leaders	The 20 countries making the greatest progress and commitment toward building a low-carbon future.	1	—	1	Iceland	6.69	8	↑	10	15	↓	12	Ireland	5.69
		2	↑	6	Finland	6.68	9	↓	7	16	↑	28	Luxembourg	5.57
		3	↑	5	Norway	6.37	10	↑	13	17	↑	22	Greece	5.56
		4	↓	2	Denmark	6.34	11	↓	8	18	—	18	Portugal	5.52
		5	↑	9	Sweden	6.34	12	↓	11	19	↑	21	United States	5.39
		6	↓	3	Netherlands	6.22	13	↑	17	20	↓	14	Switzerland	5.38
		7	↓	4	United Kingdom	6.12	14	↑	15					
Greening Middle	The 20 countries that are making progress or commitment toward building a green future.	21	↓	16	Poland	5.38	28	↓	19	35	↑	46	Slovakia	4.81
		22	↑	23	Austria	5.37	29	↓	24	36	↑	41	United Arab Emirates	4.78
		23	↑	25	Bulgaria	5.31	30	↑	33	37	↓	36	Morocco	4.73
		24	↓	20	Costa Rica	5.26	31	↓	27	38	↓	34	Brazil	4.70
		25	↑	31	South Africa	5.23	32	↓	29	39	↑	47	Romania	4.66
		26	↑	38	Uruguay	5.13	33	↑	45	40	—	40	Kenya	4.66
		27	↓	26	China	5.12	34	↓	32					
Climate Laggards	The 20 countries that are making slow and uneven progress or commitment toward building a green future.	41	↓	39	New Zealand	4.57	48	↑	68	55	↓	48	Thailand	4.12
		42	↑	52	Australia	4.56	49	↑	70	56	↓	51	Saudi Arabia	4.11
		43	↓	30	Israel	4.56	50	↓	42	57	↑	58	Kuwait	4.05
		44	↑	53	Philippines	4.56	51	↓	43	58	↓	35	Ethiopia	4.04
		45	↑	54	Mexico	4.54	52	↑	63	59	↓	50	Angola	4.01
		46	↓	37	Taiwan	4.54	53	↑	56	60	↓	59	Egypt	3.99
		47	↑	61	Ukraine	4.38	54	↓	49					
Climate Abstainers	The 16 countries that will be left behind in the green future through their lack of progress and commitment toward developing a modern, clean, and innovative economy.	61	↑	66	Dominican Republic	3.98	68	↓	65	75	—	75	Algeria	3.09
		62	↑	67	Peru	3.97	69	↑	72	76	—	76	Iran	2.57
		63	↑	69	Turkey	3.83	70	↓	64					
		64	↓	44	Cameroon	3.82	71	↑	74					
		65	↑	71	Ghana	3.80	72	↓	62					
		66	↓	57	Uganda	3.73	73	—	73					
		67	↓	55	Pakistan	3.72	74	↓	60					

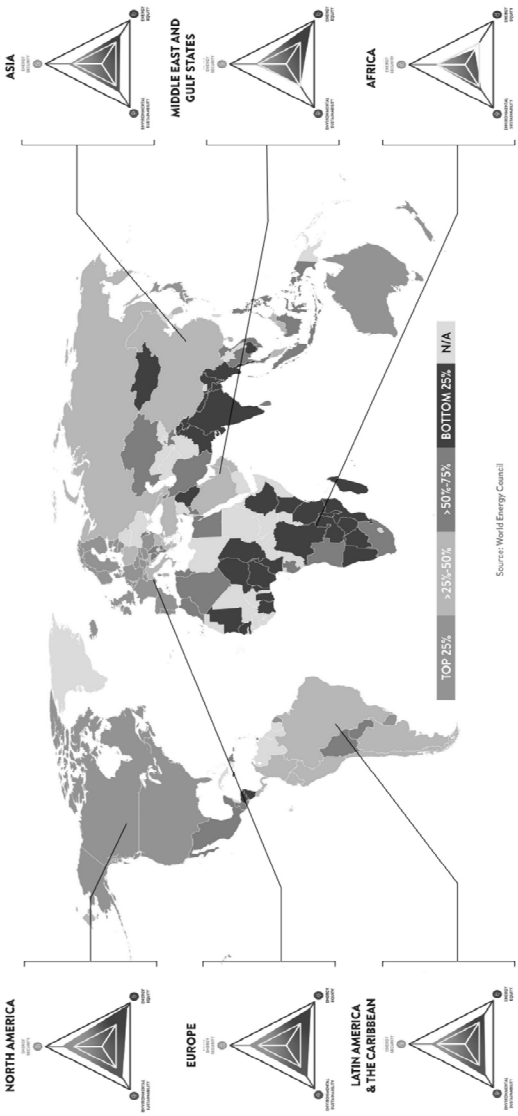
ДОДАТОК Д

Мапа ранжування країн за Індексом кліматичних ризиків (Звіт [81])



ДОДАТОК Є

Мапа ранжування країн за Індексом Енергетичної Трилеми
(World Energy Council [371])

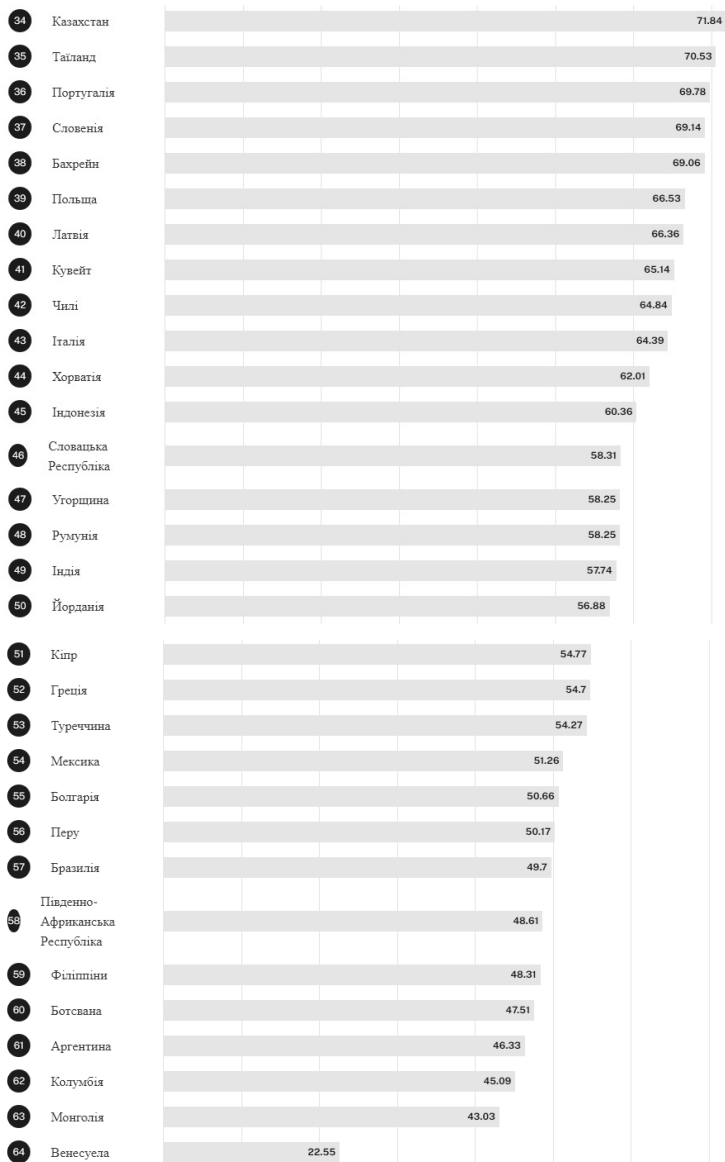


ДОДАТОК Ж

Рейтинг країн за індексом глобальної цифрової конкурентоспроможності (Звіт IMD [156])



Продовження дод. Ж



Наукове видання

**Андрій Крисоватий
Ірина Максимова
Віталіна Куриляк**

**КЛІМАТИЧНО-НЕЙТРАЛЬНА
ЕКОНОМІКА:
глобальна візія та цифрові механізми
досягнення
МОНОГРАФІЯ**

Комп'ютерна верстка **Ольга Слимак**
Дизайн обкладинки **Марія Юрків**

Підписано до друку 3. 06. 2024 р.
Формат 60х84 1/16. Гарнітура Times.
Папір офсетний. Друк на дублікаторі.
Умов. друк. арк. 17,7. Облік.-вид. арк. 16,5
Тираж 300 прим.

Видавець та виготовлювач
Західноукраїнський національний університет
вул. Львівська, 11, м. Тернопіль, 46004

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів
видавничої продукції ДК № 7284 від 18.03.2021 р.

Видавничо-поліграфічний центр «Університетська думка»
вул. Бережанська 2 м. Тернопіль 46004
тел. (0352) 47-58-72
E-mail: edition@wunu.edu.ua