

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

МАКСИМОВА ІРИНА ІВАНІВНА

УДК 339.9:502.3:338.2:004

ДИСЕРТАЦІЯ


ДИДЖИТАЛІЗАЦІЯ ЯК ДРАЙВЕР КЛІМАТИЧНОЇ
НЕЙТРАЛЬНОСТІ СВІТОВОЇ ЕКОНОМІКИ

Спеціальність 08.00.02 – світове господарство і міжнародні економічні відносини

Галузь знань: 08 – економічні науки

Подається на здобуття наукового ступеня доктора економічних наук

Подані до захисту наукові положення є власним напрацюванням автора. Всі використані ідеї, наукові результати, цитати супроводжуються належними посиланнями на їх авторів та джерела опублікування.

 І. І. Максимова

*Звернувшись до керівника з іменем
Савельєв Євген Васильович
дисертант, що явил
поради до ради.*

Науковий консультант:

Савельєв Євген Васильович

доктор економічних наук, професор,

професор кафедри міжнародної економіки,

заслужений діяч науки і техніки України

*Взявши участь у
захисті дисертант
Тернопіль - 2024*



Тернопіль - 2024

АНОТАЦІЯ

Максимова І.І. Диджиталізація як драйвер кліматичної нейтральності світової економіки. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора економічних наук за спеціальністю 08.00.02 – світове господарство і міжнародні економічні відносини. Західноукраїнський національний університет, Тернопіль, 2024.

Дисертацію присвячено вирішенню важливої наукової проблеми - диджиталізації світової економіки у забезпеченні її кліматичної нейтральності, що полягає в обґрунтуванні теоретико-методологічних засад, емпіричних та прикладних аспектів застосування диджиталізації для досягнення кліматичної нейтральності світової економіки шляхом визначення її ролі як драйвера, з особливим акцентом на розробку та впровадження відповідних положень для України.

Кліматична нейтральність постає фундаментальною складовою розвитку світової економіки, що втілює ідею ефективної адресації деструктивних кліматичних викликів сучасною системою господарювання. Підкреслено наскрізність впливу зміни клімату на світову економіку у розрізі окремих економічних суб'єктів на макроекономічному, міжгалузевому, локальному та соціальному рівнях. Запропоновано розглядати поняття кліматичної нейтральності світової економіки у широкому цивілізаційному дискурсі як таке, що передбачає досягнення балансу в системі зниження-ліквідації-компенсації вуглецевого сліду світової економіки та потребує посилення системи наднаціонального кліматичного регулювання, що спирається на мультилатеральне залучення міжнародних економічних суб'єктів, гарантуючи збереження клімату на прийнятному рівні для всіх поколінь.

Розвинуто теоретико-концептуальні засади сучасної візії диджиталізації. Обґрунтовано її роль як драйвера кліматичної нейтральності світової економіки, що реалізується через забезпечення системного моніторингу та контролю вуглецевого сліду на глобальному рівні та у розрізі окремих національних економік; нові можливості в координації міжнародних зусиль;

формування технологічного базису цифрових рішень для забезпечення кліматичної нейтральності; фасилітації впровадження низьковуглецевих практик суб'єктами господарювання; прозорість та інформаційно-комунікаційний супровід.

Визначено аспекти взаємопосилення та синергії цифрового та кліматичного векторів глобального розвитку. Визначено три рівні ко-еволюції: базовий, декларативний, інтегративний. Показано, що цифровий та кліматичний мегатренди мають спільні точки дотику: глобальний вплив, міжгалузевий характер, трансформація ринкових структур, публічно-приватне партнерство, стратегічна візія, перехід на нові бізнес-моделі, невідкладність. Водночас, ідентифіковано формотворчі відмінності між ними за рівнем зрілості, потребою у стимуляції, тривалістю отримання результатів, горизонтом планування, характером ризиків. Визначено аспекти синергії: формування запиту на нові кластери цифрових інновацій та їх адаптація до задач кліматичної нейтральності, стала диджиталізація, інформаційна підтримка, технологічне забезпечення кліматично-нейтрального розвитку. Показано, що така ко-еволюційна динаміка сприяє визначенню стратегічних вигод для світової економіки у площині підвищення міжнародної координації, технологічної ефективності та плануванні спільних ініціатив.

Побудовано методологічну канву дослідження глобального конструкту «диджиталізація – кліматична нейтральність» світової економіки на основі триангуляції наукових підходів: теоретичної триангуляції, що охоплює світоглядні моделі для пояснення ролі цифрових технологій у досягненні кліматичної нейтральності; триангуляції методів, що дозволяє поєднати кількісні і якісні методи, зокрема описову статистику, кореляційно-регресійний аналіз, просторовий аналіз, кейс-стаді, контент-аналіз та інші; триангуляції джерел даних, що охоплює класичні джерела міжнародних статистичних провайдерів зі спеціалізованими базами даних кліматично-цифрових проектів, кейсів глобальних кліматичних фондів. Показано, що

такий підхід забезпечує комплексність дослідження через можливість широкої емпіричної перевірки, гнучкість та валідність результатів.

Визначено інструментарій квантитативного аналізу кліматично-нейтральної економіки в контексті показників цифрового та зеленого розвитку, що дозволило сформувавши аналітичну основу для обґрунтування можливостей диджиталізації у сфері кліматичного регулювання. Аналіз охопив три основні блоки: аналіз поточного стану цифрового та зеленого розвитку на основі співставлення глобальних індексів; динамічний аналіз макропоказників для виявлення довгострокових тенденцій і закономірностей; моделювання для виявлення ключових зв'язків та їх характеру. Дослідження бінарних пар індексів зеленого та цифрового розвитку показало, що у цілому у світі спостерігається відчутна тенденція до зміцнення позицій країн у рейтингах зеленого майбутнього на тлі посилення процесів цифрової трансформації.

Показано, що за останні десятиріччя відбулось часткове переміщення вуглецевого сліду світової економіки з країн ЄС та Північної Америки до країн південно-східної Азії, що на тлі зростання вуглецевої інтенсивності індустрій таких важкоговиків як Індія та Китай, ставить під загрозу досягнення нульових викидів у встановлені міжнародними угодами часові проміжки та показує, як диджиталізація може забезпечити транспарентність і моніторинг перебігу подібних процесів у міжнародному вимірі.

Побудовано емпіричну модель світової кліматичної конвергенції, що дозволяє виявити позитивні та негативні тенденції щодо збіжності та мультилатеральності країн у напрямку забезпечення кліматичної нейтральності світової економіки. Обґрунтовано інструментарій оцінки на основі класичних моделей бета- та сигма- конвергенції. Показано, що досягнення кліматичної нейтральності є питанням спільної відповідальності країн і визначається не стільки первинною вуглецевою інтенсивністю національної економіки, скільки поточною спроможністю до скорочення вуглецевого сліду. Виявлено конвергентні-дивергентні тенденції на рівні світової

економіки та окремих галузей світової економіки. Проілюстровано, що нині сільське господарство та будівництво є галузями, для яких характерна позитивна конвергентна тенденція в наближенні до «чистого нуля» викидів. Ідентифіковано найбільш негативні дивергентні тенденції у розвитку світової енергетики та транспорту. Показано різну природу цього процесу.

Здійснено позиціонування країн світу за групами: кліматичні агресори; актори зниження вуглецевого сліду економіки; нові забруднювачі; кліматичні маргінали. Модель конвергенції масштабовано для показників цифрового розвитку, визначено позиціонування країн в групах: цифрові гіганти; цифрові адаптери; цифрові спринтери; цифрові периферійники. У цілому обґрунтовано збіжність країн з високими показниками цифрового розвитку та позицію відносно руху до «чистого нуля». Показано, що ключовою умовою подолання розривів є скорочення розбіжностей між країнами за абсолютними значеннями макропоказників при одночасній підтримці динамічної рівноваги скорочення викидів.

Визначено напрямки рефреймінгу зеленого-цифрового переходу світової економіки у розрізі окремих галузей для забезпечення кліматичної нейтральності та посилення можливостей диджиталізації у цьому процесі. Визначено такі напрямки: інтеграція кращих практик диджиталізації у всі сектори економіки; низьковуглецеві бізнес-моделі; максимальне залучення суб'єктів господарювання до практик декарбонізації; врахування різної вуглецевої інтенсивності галузей для ефективнішого перерозподілу ресурсів; використання цифрових інновацій для підвищення енергоефективності; підтримка циркулярних практик з оцінкою їх вуглецевої інтенсивності. Визначено цифрові драйвери рефреймінгу для різних галузей.

Розвинуто концепцію сталої диджиталізації, спрямованої на гармонізацію зеленого-цифрового переходу світової економіки за орієнтирами кліматичної нейтральності. Показано, що стала диджиталізація є центральною складовою гармонізації переходу поруч з такими елементами, як досягнення міжнародного консенсусу, системність і спрямованість інновацій. Визначено

ключові принципи сталої диджиталізації для забезпечення кліматичної нейтральності світової економіки.

Систематизовано ключові дизраптори у досягненні кліматичної нейтральності, що можуть виникати у перехідні періоди: інфраструктурні обмеження; цифровий розрив та відсутність необхідних навичок; нерівномірний доступ до технологій та інновацій; енергетичне навантаження та вуглецева інтенсивність цифрових технологій; невизначеність політики та регулювання у напрямку "нульових викидів"; обмеження міжнародної співпраці та інтеграції; дисонанс політик; фінансові бар'єри.

Визначено системні напрямки реалізації міжнародних кліматично-цифрових проєктів та особливості їх міжрегіональної диференціації за фокусом отриманих результатів: сільське господарство та продовольчі системи; управління енергією; циркулярні практики та управління ресурсами; інфраструктура розумного міста та управління будівлями; екологічний моніторинг та збереження екосистем; дані та цифрові інструменти для клімату. Визначено, що інтеграція диджиталізації у міжнародні кліматичні ініціативи потребує широкого публічно-приватного партнерства та сприяє координації зусиль на глобальному рівні, забезпечуючи прозорість і відстежуваність у процесі досягнення кліматичної нейтральності.

Розроблено концепт цифрового каркасу кліматично-нейтральної економіки. Підкреслено, що штучний інтелект, машинне навчання, спільні ІТ-платформи та блокчейн є стратегічно важливими цифровими технологіями для досягнення кліматично нейтральних цілей. Ці цифрові рішення часто застосовуються окремо або в поєднанні з іншими технологіями в рамках кліматично-цифрових проєктів. Використання супутників, датчиків, дронів, дистанційного зондування потребує додаткової підтримки і часто інтегрується з іншими ІТ-технологіями. Підкреслено, що запропонований цифровий каркас може інтегруватися в стратегії цифрового розвитку країн у якості орієнтиру для посилення потенціалу їх готовності до втілення програм кліматичної нейтральності. Концепт пропонується до використання при плануванні

стратегій технологічного та інноваційного забезпечення кліматичної нейтральності на глобальному та національному рівні.

Сформовано модель розвитку кліматично-нейтральної економіки на засадах інтеграції можливостей диджиталізації та емпіричного досвіду глобального кліматичного фінансування. Виділено ключові сегменти розвитку: диджиталізація для клімату; фінансова спроможність та підтримка зеленого переходу бізнесу; розширення прав і можливостей громад; переосмислення розвитку екосистем.

Визначено передумови формування кліматично-нейтральної економіки України в контексті показників зеленого та цифрового розвитку. Визначено, що процес досягнення кліматичної нейтральності в Україні формується під впливом кількох тенденцій, ключовими з яких є інтеграція принципів сталої диджиталізації, євроінтеграційний процес, вплив війни та планування відновлення. Виявлено ознаки негативного ефекту «гарячого повітря» в економіці України, для якого характерно зниження викидів на тлі зростання вуглецевої інтенсивності ВВП, що свідчить про необхідність перегляду стратегічної рамки кліматичної нейтральності та ознаки дивергентних процесів відносно світової динаміки.

Проаналізовано аспекти реалізації кліматичного курсу України-ЄС. Показано можливості диджиталізації для посилення цього напрямку євроінтеграційного процесу. Підкреслено необхідність перегляду національно-визначених внесків України у бік інтенсифікації та посилення програм державної підтримки їх скорочення. Обґрунтовано, що для ефективної інтеграції важливо підтримувати системи забезпечення комплексного моніторингу, обробки та прогнозування кліматичних даних, забезпечення прозорості взаємодії фінансового та державного секторів, а також сприяння скороченню технологічного, інноваційного, освітнього розриву.

Запропоновано механізм кліматично-нейтрального повоєнного відновлення економіки України, який передбачає наскрізну роль диджиталізації і забезпечує широкий цільовий фокус. Підкреслено

необхідність систематизації цифрових, економічних, інфраструктурних, соціальних і моніторингових інструментів із відповідними технологічними інноваціями та цифровими рішеннями, що охоплює міжгалузевий контекст у промисловості, сільському господарстві, транспорті, енергетиці та будівництві. Такий підхід дозволяє зробити акцент на зеленій відбудові інфраструктури, зростанні енергоефективності, залученні бізнесу. Акцентовано увагу на доцільності розвитку в Україні нового сегменту кліматичних-цифрових технологій, як одного з перспективних цільових напрямів механізму відновлення.

Практичне значення роботи полягає у тому, що розроблені в дисертації теоретичні положення та методологічні підходи щодо диджиталізації як драйвера досягнення кліматичної нейтральності світової економіки, зокрема науково-прикладні пропозиції щодо реалізації цього процесу в Україні, одержали практичне застосування в діяльності органів державного управління, міжнародних організацій, місцевого самоврядування, громадського сектору та вітчизняних установ. Наукові результати дослідження прийнято до впровадження: Міністерством розвитку громад, територій та інфраструктури України, Комітетом Верховної Ради України з питань цифрової трансформації, Комітетом Верховної Ради України з питань екологічної політики та природокористування, представництвом міжнародної організації з безпеки та співробітництва в Європі ОБСЕ, міжнародною організацією PAEW; Українською асоціацією Римського клубу, Торгово-промисловою палатою м. Києва; Фондацією інституційного розвитку FID, виконавчим комітетом Криворізької міської ради, Українською гірничодобувною компанією; міжнародною інвестиційною компанією ZAS Ventures, дочірньою компанією міжнародної корпорації ПАТ АрселорМітталКР.

Основні положення та результати дисертаційної роботи використовуються у навчальному процесі Державного університету економіки і технологій, а також у навчальних програмах з підвищення кваліфікації

державних службовців, погоджених Національним агентством України з питань державної служби.

Ключові слова: світова економіка, кліматично-нейтральна економіка, диджиталізація, цифрова трансформація, сталий розвиток, технологічний прогрес, зелений-цифровий перехід, зелена економіка, стала диджиталізація, декарбонізація, міжнародна конвергенція, міжнародна кліматична політика, євроінтеграція, екологізація світової економіки

ANNOTATION

Maksymova I.I. Digitalisation as a driver of climate neutrality of the world economy - Qualifying scientific work on manuscript rights.

Dissertation for obtaining the scientific degree of Doctor of Economic Sciences on the specialty 08.00.02 - world economy and international economic relations. West Ukrainian National University, Ternopil, 2024.

The dissertation is devoted to the resolution of a substantial scientific problem, namely, the digitalisation of the global economy in order to ensure its climate neutrality. This problem consists in substantiating the theoretical and methodological foundations, as well as the empirical and applied aspects of the use of digitalisation to achieve climate neutrality of the global economy by determining its role as a driver. This is done with a particular emphasis on the development and implementation of relevant provisions for Ukraine.

Climate neutrality is becoming an increasingly fundamental component of the development of the world economy, embodying the modern economic system's effective response to the destructive challenges posed by climate change. It is emphasized that the transversality of climate change impacts on the global economy manifests across macroeconomic, intersectoral, local, and social levels, as well as within the context of individual economic entities. The concept of climate neutrality for the world economy is proposed to be considered within a broad civilizational discourse, involving the achievement of a balance within the system of reduction, elimination and compensation of the carbon footprint of the global economy. This

would require the strengthening of the system of supranational climate regulation, based on the multilateral involvement of international economic actors, with the aim of guaranteeing climate preservation at an acceptable level for all generations.

The theoretical and conceptual foundations of the modern vision of digitalisation are developed. The author substantiates its role as a driver of climate neutrality of the global economy, which is implemented through systematic monitoring and control of the carbon footprint at the global level and in the context of individual national economies; new opportunities in coordinating international efforts; formation of the technological basis for digital solutions to ensure climate neutrality; facilitation of the implementation of low-carbon practices by business entities; transparency and information and communication support.

The aspects of mutual reinforcement and synergy of the digital and climate vectors of global development are identified. Three levels of co-evolution are identified: basic, declarative, and integrative. It is shown that the digital and climate megatrends have common points of contact: global impact, cross-sectoral nature, transformation of market structures, public-private partnerships, strategic vision, transition to new business models, and urgency. At the same time, the author identifies formative differences between them in terms of maturity, need for stimulation, duration of results, planning horizon, and nature of risks. The author identifies aspects of synergy: the formation of a demand for new clusters of digital innovations and their adaptation to the tasks of climate neutrality, sustainable digitalisation, information support, and technological support for climate-neutral development. It is shown that such co-evolutionary dynamics contribute to the identification of strategic benefits for the global economy in terms of increasing international coordination, technological efficiency and planning of joint initiatives.

The methodological framework for studying the global construct 'digitalisation - climate neutrality' of the world economy is built on the basis of triangulation of scientific approaches: theoretical triangulation, which includes worldview models to explain the role of digital technologies in achieving climate neutrality; triangulation of methods, which allows combining quantitative and qualitative methods, including descriptive statistics, correlation and regression analysis, spatial analysis, case

studies, content analysis, and others; triangulation of data sources, which includes classical sources of international statistical providers with specialised databases of climate and digital projects, cases of global climate funds. It is shown that such an approach ensures the comprehensiveness of the study through the possibility of extensive empirical verification, flexibility and validity of the results.

The article defines the tools for quantitative analysis of the climate-neutral economy in the context of indicators of digital and green development, which allowed to form an analytical basis for substantiating the possibilities of digitalisation in the field of climate regulation. The analysis covered three main blocks: an analysis of the current state of digital and green development based on a comparison of global indices; dynamic analysis of macro indicators to identify long-term trends and patterns; and modelling to identify key relationships and their nature. The study of binary pairs of green and digital development indices showed that, globally, there is a significant trend towards strengthening the positions of countries in the green future rankings amid the intensification of digital transformation processes.

In recent decades, the carbon footprint of the global economy has undergone a partial shift from the EU and North America to Southeast Asia. This is particularly salient in the context of the increasing carbon intensity of major industrialised nations such as India and China. The study highlights the potential challenges in achieving zero emissions within the timeframe stipulated by international agreements and underscores the importance of digitalisation in ensuring transparency and monitoring such processes on an international scale.

A model of global climate convergence has been constructed to facilitate the identification of both positive and negative trends in the convergence and multilateralism of countries in their pursuit of climate neutrality for the global economy. The assessment tools, which are based on classical models of beta and sigma convergence, have been substantiated, and it has been demonstrated that the achievement of climate neutrality is a matter of shared responsibility for countries. The primary carbon intensity of the national economy is less significant in determining this than the current ability to reduce the carbon footprint. The analysis

identifies convergent-divergent trends within the global and individual sectors of the world economy. It is demonstrated that agriculture and construction are currently experiencing a positive convergent trend towards net zero emissions. Conversely, the most negative divergent trends in the development of global energy and transport are identified, highlighting the distinct nature of this process.

The positioning of the world's countries in the following groups is carried out: climate aggressors; actors of reducing the carbon footprint of the economy; new polluters; climate marginals. The convergence model is scaled for digital development indicators, and the positioning of countries in the following groups is determined: digital giants; digital adapters; digital sprinters; digital peripherals. In general, the convergence of countries with high digital development indicators and their position in relation to the movement towards 'net zero' is substantiated. It is shown that a key condition for bridging the gaps is to reduce the differences between countries in terms of absolute values of macroeconomic indicators while maintaining a dynamic equilibrium of emissions reduction.

The directions of reframing the green-digital transition of the world economy in terms of individual industries to ensure climate neutrality and enhance digitalisation opportunities in this process are identified. The following areas have been identified: integration of the best digitalisation practices into all sectors of the economy; low-carbon business models; maximum involvement of business entities in decarbonisation practices; consideration of the different carbon intensity of industries for more efficient redistribution of resources; use of digital innovations to improve energy efficiency; support for circular practices with an assessment of their carbon intensity. Digital drivers of reframing for different industries are identified.

The concept of sustainable digitalisation, which aims to harmonise the green-digital transition of the world economy in line with the climate neutrality benchmarks, has been developed. It has been demonstrated that sustainable digitalisation is a central component of the harmonisation of the transition, along with such elements as achieving international consensus, systematicity and focus of innovations. The key principles of sustainable digitalisation that are required to ensure climate neutrality of the global economy have been identified.

The author systematises the key disruptors to achieving climate neutrality that may arise during transition periods: infrastructure constraints; digital divide and lack of necessary skills; uneven access to technology and innovation; energy burden and carbon intensity of digital technologies; uncertainty of zero emission policies and regulations; restrictions on international cooperation and integration; policy dissonance; and financial barriers.

The systemic directions of implementation of international climate and digital projects and the peculiarities of their interregional differentiation by the focus of the results obtained are identified: agriculture and food systems; energy management; circular practices and resource management; smart city infrastructure and building management; environmental monitoring and ecosystem conservation; data and digital tools for climate. It is determined that the integration of digitalisation into international climate initiatives requires a broad public-private partnership and facilitates the coordination of efforts at the global level, ensuring transparency and traceability in the process of achieving climate neutrality.

The concept of a digital framework for a climate-neutral economy is developed. It is emphasised that artificial intelligence, machine learning, shared IT platforms, and blockchain are strategically important digital technologies for achieving climate-neutral goals. These digital solutions are often used alone or in combination with other technologies in climate-digital projects. The use of satellites, sensors, drones, remote sensing requires additional support and is often integrated with other IT technologies. It is emphasised that the proposed digital framework can be integrated into the digital development strategies of countries as a guide to strengthen their readiness to implement climate neutrality programmes. The concept is proposed for use in planning strategies for technological and innovative support for climate neutrality at the global and national levels.

A model for the development of a climate-neutral economy based on the integration of digitalisation opportunities and the empirical experience of global climate finance is formed. The key segments of development are highlighted: digitalisation for climate; financial capability and support for green business transition; empowerment of communities; rethinking ecosystem development.

The prerequisites for the formation of a climate-neutral economy of Ukraine in the context of green and digital development indicators are determined. It has been determined that the process of achieving climate neutrality in Ukraine is being shaped by several trends, the key ones being the integration of the principles of sustainable digitalisation, the European integration process, the impact of war and recovery planning. The article reveals signs of a negative ‘hot air’ effect in the Ukrainian economy, which is characterised by a decrease in emissions against the background of an increase in the carbon intensity of GDP, which indicates the need to revise the strategic framework for climate neutrality and signs of divergent processes in relation to global dynamics.

The aspects of the implementation of the EU-Ukraine climate course are analysed. The possibilities of digitalisation to strengthen this area of the European integration process are shown. The necessity of revising Ukraine's nationally determined contributions towards intensification and strengthening state support programmes for their reduction is emphasised. It is substantiated that for effective integration it is important to support systems for comprehensive monitoring, processing and forecasting of climate data, ensuring transparency of interaction between the financial and public sectors, as well as promoting the reduction of the technological, innovation and educational gap.

A mechanism for climate-neutral post-war recovery of Ukraine's economy is proposed, which envisages the cross-cutting role of digitalisation and provides a broad target focus. The need to systematise digital, economic, infrastructural, social and monitoring tools with relevant technological innovations and digital solutions, covering the cross-sectoral context in industry, agriculture, transport, energy and construction, is emphasised. This approach allows us to focus on green infrastructure reconstruction, energy efficiency, and business engagement. The author focuses on the feasibility of developing a new segment of climate-digital technologies in Ukraine as one of the promising target areas of the recovery mechanism.

The practical significance of the work lies in the fact that the theoretical provisions and methodological approaches to digitalisation as a driver of achieving climate neutrality of the world economy, including scientific and applied proposals

for the implementation of this process in Ukraine, developed in the thesis, have been practically applied in the activities of public administration, international organisations, local self-government, the public sector and domestic institutions. The scientific results of the study have been accepted for implementation: The Ministry of Communities, Territories and Infrastructure Development of Ukraine, the Verkhovna Rada Committee on Digital Transformation, the Verkhovna Rada Committee on Environmental Policy and Nature Management, the OBSE Office of the International Organisation for Security and Cooperation in Europe , PAEW; the Ukrainian Association of the Club of Rome, the Kyiv Chamber of Commerce and Industry; the FID Foundation for Institutional Development, the Executive Committee of the Kryvyi Rih City Council, Ukrainian mining company; international investment company ZAS Ventures, a subsidiary of the international corporation PJSC ArcelorMittalKR.

The main provisions and results of the dissertation are used in the educational process of the State University of Economics and Technology, as well as in the training programmes for advanced training of civil servants, approved by the National Agency of Ukraine on Civil Service.

Keywords: world economy, climate-neutral economy, digitalisation, digital transformation, sustainable development, technological progress, green-digital transition, green economy, sustainable digitalisation, decarbonisation, international convergence, international climate policy, European integration, greening of the world economy

СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, які відображають основні наукові результати дисертації

1. Крисоватий А., Максимова І., Куриляк В. Кліматично-нейтральна економіка: глобальна візія та цифрові механізми досягнення : монографія. Тернопіль: ЗУНУ, 2024. 305 с. (особистий внесок здобувача: досліджено роль диджиталізації як драйвера кліматичної нейтральності світової економіки, визначено орієнтири гармонізації зеленого-цифрового переходу, змодельовано динаміку для України-ЄС) (6 д.а.)
2. Maksymova I., Kurilyak V., Mietule I., Arbidane I., Kurilyak M. Digitally driven model of a climate-neutral economy in terms of global financial capacity. *Financial and credit activity problems of theory and practice*. 2024. Vol. 3. №. 56. P. 334-349. DOI: <https://doi.org/10.55643/fcaptp.3.56.2024.4399> URL: <https://fkd.net.ua/index.php/fkd/article/view/4399> (особистий внесок здобувача: побудовано канву цифрово орієнтованої моделі кліматично-нейтральної економіки) (0,65 д.а.) (SCOPUS, WOS)
3. Krysovatyu A., Maksymova I., Kurilyak V., Radin M., Kurilyak M. International convergence towards a climate-neutral economy: modeling the agricultural sector. *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*. 2024. Vol. 10. №2. P. 52–79. DOI: <https://doi.org/10.51599/are.2024.10.02.03> URL: <https://are-journal.com/are/article/view/855> (особистий внесок здобувача: побудовано модель кліматичної конвергенції, виконано емпіричний аналіз) (0,5 д.а.) (SCOPUS, Q2)
4. Lukashevych Y., Evdokimov V., Polukhin A., Maksymova I., Tsvilii D. Innovation In The Energy Sector: The Transition To Renewable Sources As A Strategic Step Towards Sustainable Development. *African Journal of Applied Research*. 2024. Vol. 10. №. 1. C. 43-56. URL: <https://ajaronline.com/index.php/AJAR/article/view/665/412> DOI: <https://doi.org/10.26437/ajar.v10i1.665> (особистий внесок здобувача:

сформовано напрямки зеленого-цифрового переходу енергетичного сектору в контексті досягнення кліматичної нейтральності) (0,4 д.а.) (SCOPUS)

5. Artemenko Y., Novorov Y., Maksymova I., Kostiuk V., Zienkin M. The impact of conflict on contemporary global dynamics: integration, globalisation, and polarisation trends. *Multidisciplinary Reviews*. 2024. Vol. 7. DOI: <https://10.31893/multirev.2024spe030> URL: <https://malque.pub/ojs/index.php/mr/article/view/3823> (особистий внесок здобувача: окреслено вплив кліматичного виклику на глобальну динаміку в контексті російсько-Української війни) (0,35 д.а.) (SCOPUS)

6. Hushko S., Temchenko H., Kryshchyna I., Maksymova, I., Huk O. Modelling of management activity of the organization considering the impact of implicit factors *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. Vol. 1. № 91. P. 13-21. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.121647> URL: <https://journals.uran.ua/eejet/article/view/121647> (особистий внесок здобувача: запропоновано підхід до врахування екологічної складової сталого розвитку в частині цифрової моделі неявних факторів для підприємств-експортерів) (0,25 д.а.) (SCOPUS)

7. Maksymova I., Velhas V., Tokunova A., Pugachov M., Chichulina K. Business Adaptation to Climate Change: Developing Strategies to Adapt Business Processes to Changing Climate Conditions and Reduce Risks. *Economic Affairs*. 2024. Vol. 69(03). P.1299-1309. DOI:10.46852/0424-2513.4.2024.14 URL: <https://economicaffairs.co.in/Journal/abstract/id/NjUyNw==/?year=2024&month=September&volume=Volume%2069&issue=Issue%203> (особистий внесок здобувача: визначено орієнтири кліматично-нейтрального розвитку бізнесу в глобальному просторі, розширено рамку кліматичних ризиків) (0,4 д.а.) (на індексації SCOPUS)

8. Максимова І. Світова економіка в умовах зміни клімату. *Науковий вісник Міжнародної асоціації науковців. Серія: економіка, управління, безпека, технології*. 2024. Т. 3. № 3. DOI: <https://doi.org/10.56197/2786-5827/2024-3-3-1> (1,24 д.а.)

9. Максимова І. Еволюція міжнародних зусиль у формуванні кліматичного вектору світової економіки. *Економіка та суспільство*. 2024. Вип. 64. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-64-109> (0,75 д.а.)

10. Максимова І. Адаптація світової економіки до зміни клімату: фінансовий та цифровий аспекти. *Адаптивне управління: теорія і практика*. Серія: *Економіка*. 2024. Вип. 19 (38). DOI: [https://doi.org/10.33296/2707-0654-19\(38\)-23](https://doi.org/10.33296/2707-0654-19(38)-23) (0,85 д.а.)

11. Максимова І. Концепт сталої диджиталізації як базис зеленого-цифрового переходу до кліматично-нейтральної економіки. *Економічні горизонти*. 2024. №2-3 (28). С. 235–248. DOI: [https://doi.org/10.31499/2616-5236.3\(28\).2024.310264](https://doi.org/10.31499/2616-5236.3(28).2024.310264) (1,15 д.а.)

12. Maksymova I., Nastase C. European model of climate-neutral business development based on digitalization principles. *Journal of European Economy*. 2024. Vol. 23. №. 2. P. 336-352. DOI: <https://doi.org/10.35774/jee2024.02.336> (особистий внесок здобувача: визначено стратегічні напрямки диджиталізації для сприяння декарбонізації сучасного бізнесу) (0,65 д.а.)

13. Максимова І., Куриляк В. Digitalization and decarbonization: aspects of synergy in the EU industries. *Економіка та суспільство*. 2024. Вип. 67. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-67-157> (особистий внесок здобувача: побудовано модель зниження викидів за різними сценаріями, окреслено роль диджиталізації у цьому процесі) (0,5 д.а.)

14. Maksymova I. Global green transition in terms of climate neutrality and sustainable digitalization. *Приазовський економічний вісник*. 2024. Вип. 3 (39). С. 108-113. DOI: <https://doi.org/10.32782/2522-4263/2024-3-17> (0,82 д.а.)

15. Maksymova I. Decarbonization of global industry. *Foreign trade: economics, finance, law*. 2024. Vol. 135 (4). P. 38-51. DOI: [https://doi.org/10.31617/3.2024\(135\)03](https://doi.org/10.31617/3.2024(135)03) (1,07 д.а.)

16. Максимова І. Роль діджиталізації у підтримці глобальних ESG-ініціатив: перехід міжнародного бізнесу до кліматичної нейтральності. *Інвестиції: практика та досвід*. 2024. Вип. 6. С. 103-110. DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6814.2024.6.103> (0,95 д.а.)

17. Максимова І. Європейський ракурс гармонізації цифрової та зеленої трансформації світової економіки. *Ефективна економіка*. 2024. Вип. 3. DOI: <https://doi.org/10.32702/2307-2105.2024.3.42> (0,86 д.а.)

18. Шпатакова О., Максимова І., Луців Р. Дослідження ролі цифрової економіки в досягненні цілей сталого розвитку та збереження природних ресурсів. *Причорноморські економічні студії*. 2024. Вип. 86. С. 80-85. DOI: <https://doi.org/10.32782/bses.86-13> (особистий внесок здобувача: визначено функціональну роль диджиталізації в реалізації цілей сталого розвитку, дотичних до кліматичної проблематики) (0,25 д.а.)

19. Максимова І., Петрішина Т., Бай О. Business eco-vision: climate-neutrality in terms of digitalization and green marketing. *Вчені Записки*. 2024. Вип. 35 (2). С. 71-85. DOI: 10.33111/vz_kneu.35.24.02.07.047.053 URL: [https://vz.kneu.ua/archive/2024/35\(2\)/contents](https://vz.kneu.ua/archive/2024/35(2)/contents) (особистий внесок здобувача: розроблено концепт кліматично-нейтрального розвитку міжнародного бізнесу на засадах інтеграції інструментів диджиталізації) (0,65 д.а.)

20. Максимова І. Strategic framework of digital transformation towards climate-neutral economy. *Цифрова економіка та економічна безпека*. 2024. Вип. 4 (13). Р. 173-180. DOI: <https://doi.org/10.32782/dees.13-26> (1,1 д.а.)

21. Максимова І., Іщук О., Слободян Н. Зелена енергетика як ключовий елемент зеленої економіки: стратегії розвитку та вплив на енергетичну безпеку. *Наукові перспективи*. 2024. Вип. 8 (50). С. 480-492. DOI: [https://doi.org/10.52058/2708-7530-2024-8\(50\)-480-492](https://doi.org/10.52058/2708-7530-2024-8(50)-480-492) (особистий внесок здобувача: визначено передумови декарбонізації енергетичної сфери з урахуванням впливу на клімат та технологічну складову) (0,4 д.а.)

22. Maksymova I. Convergence of digital and climate-neutral economic development: evidence from global indices. *Modern Economics*. 2024. Vol. 46. P. 90-98. DOI: [https://doi.org/10.31521/modecon.V46\(2024\)-12](https://doi.org/10.31521/modecon.V46(2024)-12) (1,06 д.а.)

23. Maksymova I. Digitalization-based integration of climate policies of Ukraine and the EU. *Journal of european economy*. 2023. Vol. 22 (1). P. 94-110. DOI: <https://doi.org/10.35774/jee2023.01.093> (0,92 д.а.)

24. Maksymova I., Vyshnevska K., Lavrenko R., Baida M., Kulishov V. Methodology for Researching Digital Diplomacy in the New Era of Sustainable Development and Climate Change. *Economics and technical engineering*. 2023. Vol. 1 (2). P. 10-20. DOI: <https://doi.org/10.62911/ete.2023.01.02.01> (особистий внесок здобувача: визначено вплив кліматичного виклику на формування цифрової дипломатії) (0,35 д.а.)

25. Максимова І., Куриляк В. Діджиталізація світової індустрії у контексті забезпечення кліматичної нейтральності. *Журнал європейської економіки*. 2022. Вип. 21 (3). С. 353-370. URL: <https://jeej.wunu.edu.ua/index.php/ukjee/article/view/1609> (особистий внесок здобувача: визначено стратегічні напрямки досягнення кліматичної нейтральності ЄС та України) (0,65 д.а.)

26. Khamidov O., Mamanazarov A., Maksymova I., Slusarenko K., Kulishov Digitalization paradigm of Ukrainian financial market. *Journal of European Economy*. Vol. 20 (4). P. 648-664, DOI:10.35774/jee2021.04.648 (особистий внесок здобувача: розвинуто метрики оцінки цифрового розвитку та процесів діджиталізації на прикладі фінансової сфери України та ЄС) (0,35 д.а.)

27. Izmaylov Y., Yegorova I., Maksymova I., Znotina D. Digital economy as an instrument of globalization. *Scientific Journal of Polonia University*. 2018. Vol. 27 (2). P. 52-60. DOI: <https://doi.org/10.23856/2706> (особистий внесок здобувача: визначено принципи діджиталізації та пріоритетні напрямки розвитку цифрової економіки з урахуванням впливу глобалізації та сталого розвитку) (0,3 д.а.)

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації

28. Maksymova I., Mietule I., Kulishov V. Digital Solutions for a Climate Neutral Economy: International Framework of Eco-Digital Projects. *ENVIRONMENT. TECHNOLOGIES. RESOURCES: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference* (Rezekne, Latvia, June 15-16,

2023) Vol. 1. Rezekne: RTA, 2023. P. 123-127. DOI: <https://doi.org/10.17770/etr2023vol1.7291> (особистий внесок здобувача: виконано глобальну диференціацію кліматично-цифрових проєктів) (0,5 д.а.) (Індексовано у SCOPUS)

29. Hushko S., Botelho J. M., Maksymova I., Slusarenko K., Kulishov V. Sustainable development of global mineral resources market in Industry 4.0 context. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: Proceedings of the International Scientific Conference (Ukraine-England-Slovakia, September, 21 – October, 30)*. IOP Publishing, 2021. Vol. 628. P. 1-12. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/628/1/012025> (особистий внесок здобувача: представлено бачення диджиталізації як важеля сталого розвитку світового ринку мінеральних ресурсів, розроблено систему індикаторів аналізу зеленого-цифрового розвитку) (0,45 д.а.) (індексовано у SCOPUS)

30. Mietule I., Hushko S., Maksymova I., Sheludiakova N., Kulishov V. Lonska, J. Information and communication technology: Case for tertiary education in terms of smart economics. *SOCIETY. INTEGRATION. EDUCATION. Proceedings of the International Scientific Conference (Rezekne, Latvia, May 28-29, 2021)* Rezekne: RTA, 2021. Vol. 5. P. 401-413. DOI: <https://doi.org/10.17770/sie2021vol5.6396> (особистий внесок здобувача: визначено тенденції глобального розвитку ІКТ, їх внесок в економічне зростання ЄС та України) (0,3 д.а.) (Індексовано у WOS)

31. Mietule I., Maksymova I., Holikova K. Key trends in the development of marketplaces as a trigger for the transformation of global business. *Society. Integration. Education: Proceedings of the International Scientific Conference (Rezekne, Latvia, May 24-25, 2019)* Rezekne: RTA, 2019. Vol. 6, pp. 374-386. DOI: <https://doi.org/10.17770/sie2019vol6.3883> (особистий внесок здобувача: визначено концептуальну роль диджиталізації в трансформації глобального бізнесу з урахуванням нових викликів) (0,35 д.а.) (Індексовано у WOS)

32. Глобальна економіка: становлення, трансформації, виклики : підручник / ред. В.Кулішова. Прага: OKTAN PRINT, 2023. 500 с. DOI: 10.46489/GE23UA-01 URL: <https://www.oktanprint.cz/p/global-economy-ua/>

(особистий внесок здобувача: розроблено Розділ 8. Цифрова трансформація світової економіки, а саме 8.1. Цифрова економіка: нова реальність господарювання; 8.2. Діджиталізація світової промисловості. Концепція індустрії Х.0; 8.3. Цифрова трансформація бізнесу та нові бізнес-моделі) (2,3 д.а.)

33. Maksymova I., Kurilyak M. Strategic vision for decarbonizing global industry through evidence-based digitalization. *Ensuring sustainable economic development in the context of globalisation challenges: Conference Proceedings* (Kielce, Poland, November 1-2, 2024). Riga, Latvia : Baltija Publishing, 2024 (особистий внесок здобувача: визначено стратегічну роль діджиталізації в процесах декарбонізації індустрії) (0,2 д.а.)

34. Максимова І. Ukraine's post-war recovery in line with global benchmarks for developing a climate-neutral economy. *Реформування та стабілізація економіки в контексті міжнародного співробітництва: матеріали Міжнар.наук.-практ. конф.* (м. Одеса, 25 жовт. 2024 р.) Одеса: ОНУ ім. І.І. Мечникова, 2024. (0,3 д.а.)

35. Максимова І. Strategic reframing of green-digital transition in the context of climate neutrality and global externalities. *Економіка країни в умовах глобальних викликів: наукові підходи та практика реалізації: матеріали Міжнар.наук.-практ. конф.* (м. Одеса, 6 вер. 2024 р.) Одеса: ОНУ ім. І.І. Мечникова, 2024. С. 208-214. DOI: <https://doi.org/10.36059/978-966-397-415-6-50> (0,2 д.а.)

36. Максимова І. Цифрові імперативи розвитку кліматично-нейтральної економіки. *Міжнародна економіка в умовах кліматичних змін: глобальні виклики: матеріали III Міжнар. наук.-практ. конф.* (м. Тернопіль, 26 квіт. 2024 р.) Тернопіль: ЗУНУ, 2024. С. 43-47. URL: <http://dspace.wunu.edu.ua/bitstream/316497/51684/1/%D0%86%D1%80%D0%B8%D0%BD%D0%B0%20%D0%9C%D0%90%D0%9A%D0%A1%D0%98%D0%9C%D0%9E%D0%92%D0%90.pdf> (0,25 д.а.)

37. Максимова І. Парасольковий підхід в управлінні кліматичними змінами: як діджиталізація визначає зелене майбутнє економіки. *Актуальні*

проблеми управління соціально-економічними системами: матеріали ІХ Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. (м. Луцьк, 15 груд. 2024 р.) Луцьк: ЛНТУ, 2023. С. 62-65. URL: https://lib.lntu.edu.ua/sites/default/files/2024-06/Stasiuk_Polikevych_Lutsk_2023_1.pdf (0,3 д.а.)

38. Maksymova I. Digital via Green Economy: Productive Harmony or Missed Opportunity. *Society of Ambient Intelligence: VI International scientific congress (Ukraine, November 20-25)* Kryvyi Rih: SUET, 2023. (0,25 д.а.)

39. Максимова І. Діджиталізація як важіль досягнення кліматичних орієнтирів світової економіки. *Економічний і соціальний розвиток України в ХХ столітті: національна візія та виклики глобалізації: міжнар. наук.-практ. конф. (м. Тернопіль, 19 трав. 2023 р.)* Тернопіль: ЗУНУ, 2023. С. 732-736. URL: <http://dspace.wunu.edu.ua/handle/316497/49651> (0,2 д.а.)

40. Maksymova I. Towards a climate-neutral economy by twinning digital and green transition. *Social Aspects of Market Economy – Sustainability and Health Economics: SAGR International Conference (Czestochowa, Poland, April 20-21, 2023)* Czestochowa: Jan Dlugosz University, 2023. (0,2 д.а.)

41. Maksymova I. Digitalization as a Tool for the Green Economy Transition in the Context of Climate Change. *Fundamental shifts in geo-economic systems of the world: international collection of scientific works (Kyiv, December, 20, 2022)* Kyiv: National Academy of Sciences of Ukraine; State Organization "Institute for Economics and Forecasting of the NAS of Ukraine", 2023. P. 181-185. URL: http://ief.org.ua/?page_id=11946 (0,25 д.а.)

42. Максимова І. Синергія цифрової та зеленої трансформації у формуванні кліматично нейтральної економіки. *Актуальні проблеми управління соціально-економічними системами: Матеріали Х Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. (м. Луцьк, 15 груд. 2022 р.)* Луцьк: ЛНТУ, 2022. URL: <http://dspace.puet.edu.ua/bitstream/123456789/12596/3/%D0%97%D0%B1%D1%96%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA%20%D0%9B%D1%83%D1%86%D1%8C%D0%BA2022.pdf> (0,2 д.а.)

43. Mietule I., Purii H., Maksymova I., Shaikan A., Hushko S., Kulishov V. Digital humanization of education in the light of geopolitical challenges. *Society.*

Integration. Education: Proceedings of the International Scientific Conference (Rezekne, Latvia, May 26, 2023) Rezekne: RTA, 2023. Vol. 1. P. 373-384. DOI: <https://doi.org/10.17770/sie2023vol1.7160> (особистий внесок здобувача: розглянуто вплив глобального кліматичного виклику на категорію цифрової гуманізації) (0,2 д.а.)

44. Sheludiakova N., Mamurov B., Maksymova I., Slyusarenko K., Yegorova I. Communicating the Foreign Policy Strategy: on Instruments and Means of Ministry of Foreign Affairs of Ukraine. *SHS Web of Conferences: EDP Sciences, IV International Scientific Congress (Ukraine-Uzbekistan-Latvia, April, 12-16, 2021)*. Kryvyi Rih: ISCSAI, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1051/shsconf/202110002005> (особистий внесок здобувача: обґрунтовано роль цифрової трансформації у розвитку зовнішньої політики України стосовно питань сталого розвитку) (0,25 д.а.)

45. Holikova K., Maksymova I., Matsyura S., Radko V., Rudenko N., Zhukova D. Sustainable Development Indicators Under Analysis of European Union Member States and Ukraine. *III International Scientific Congress Society of Ambient Intelligence 2020 (Ukraine-Uzbekistan-Latvia-Poland, September, 24-25, 2020)*. Paris: Atlantis Press, 2020. P. 215-221. DOI: <https://doi.org/10.2991/aebmr.k.200318.027> (особистий внесок здобувача: побудовано цифрову модель індексної оцінки ЄС-Україна за метриками сталого розвитку) (0,25 д.а.)

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-КОНЦЕПТУАЛЬНІ ЗАСАДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КЛІМАТИЧНОЇ НЕЙТРАЛЬНОСТІ СВІТОВОЇ ЕКОНОМІКИ КРІЗЬ ПРИЗМУ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ СУСПІЛЬСТВА	24
1.1. Концептуалізація кліматичної нейтральності світової економіки	24
1.2. Візія диджиталізації як рушійної сили кліматичної нейтральності світової економіки.....	57
1.3. Ко-еволюція кліматично-нейтрального та цифрового векторів глобального розвитку	71
Висновки до розділу 1	96
РОЗДІЛ 2. МЕТОДОЛОГІЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ ДИДЖИТАЛІЗАЦІЇ ТА КЛІМАТИЧНОЇ НЕЙТРАЛЬНОСТІ СВІТОВОЇ ЕКОНОМІКИ	99
2.1. Триангуляція наукових підходів у дослідженні глобального конструкту «диджиталізація - кліматична нейтральність» світової економіки	99
2.2. Підходи до квантитативного аналізу кліматично-нейтральної економіки в контексті процесів диджиталізації	129
2.3. Методологічний підхід до побудови емпіричної моделі світової кліматичної конвергенції.....	161
Висновки до розділу 2	172
РОЗДІЛ 3. КОНВЕРГЕНЦІЯ СВІТОВОЇ ЕКОНОМІКИ НА ШЛЯХУ ДО КЛІМАТИЧНОЇ НЕЙТРАЛЬНОСТІ	175
3.1. Тенденції конвергентних процесів у глобальному вимірі та позиціонування країн світу у цьому процесі	175
3.2. Рефреймінг зеленого-цифрового переходу світових індустрій за орієнтирами кліматичної нейтральності	201
3.3. Стала диджиталізація як важіль гармонізації цифрового-зеленого переходу	230
Висновки до розділу 3	249

РОЗДІЛ 4. ГЛОБАЛЬНА МОДЕЛЬ ЦИФРОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КЛІМАТИЧНОЇ НЕЙТРАЛЬНОСТІ СВІТОВОЇ ЕКОНОМІКИ	253
4.1. Системні напрями реалізації міжнародних кліматичних-цифрових ініціатив як диференційована система.....	253
4.2. Цифровий каркас кліматично-нейтральної економіки.....	275
4.3. Модель розвитку кліматично-нейтральної економіки на засадах диджиталізації та глобального кліматичного фінансування	288
Висновки до розділу 4	312
РОЗДІЛ 5. СТРАТЕГІЧНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ КЛІМАТИЧНО-НЕЙТРАЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ НА ЗАСАДАХ ДИДЖИТАЛІЗАЦІЇ	315
5.1. Передумови досягнення кліматичної нейтральності економіки України в контексті зеленого та цифрового розвитку	315
5.2. Розвиток кліматичних політик та програм України-ЄС через диджиталізацію ключових напрямів.....	334
5.3. Механізм кліматично-нейтрального повоєнного відновлення економіки України на засадах диджиталізації	360
Висновки до розділу 5	385
ВИСНОВКИ	388
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	398
ДОДАТКИ	451

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

- CDM (з англ. Clean Development Mechanism) – Механізм чистого розвитку
- COP (з англ. Conference of the Parties) – Конференція сторін
- ESG (з англ. Environmental, social, government principles) – принципи екологічного, соціального та корпоративного управління
- IoT (з англ. Internet of Things) – Інтернет речей
- GCF (з англ. Green Climate Fund) – Зелений кліматичний фонд
- ВВП – Валовий внутрішній продукт
- ГАТТ – Генеральна угода з тарифів і торгівлі
- ЄС – Європейський Союз
- ІКТ – Інформаційно-комунікаційні технології
- КМУ – Кабінет Міністрів України
- КСВ – Корпоративна соціальна відповідальність
- МГЕЗК – Міжнародна група експертів зі зміни клімату
- НВВ – Національно-визначені внески (щодо скорочення викидів)
- ОЕСР – Організація економічного співробітництва та розвитку
- РКЗК ООН – рамкова конвенція Організації Об'єднаних Націй про зміну клімату
- СТВ – Система торгівлі викидами
- УТБТ – Угода про технічні бар'єри в торгівлі
- ШІ – Штучний інтелект

Умовні позначення згідно Світового Банку

ABW	Аруба	DOM	Домініканська Республіка	KWT	Кувейт
AFG	Афганістан	DZA	Алжир	LAO	Лаос
AGO	Ангола	ECU	Еквадор	LBN	Ліван
ALB	Албанія	EGY	Єгипет	LBR	Ліберія
ANT	Кюрасао	ERI	Еритрея	LBY	Лівія
ARE	Об'єднані Арабські Емірати	ESP	Іспанія та Андорра	LKA	Шрі-Ланка
ARG	Аргентина	EST	Естонія	LSO	Лесото
ARM	Вірменія	ETH	Ефіопія	LTU	Литва
ATG	Антигуа і Барбуда	FIN	Фінляндія	LUX	Люксембург
AUS	Австралія	FJI	Фіджі	LVA	Латвія
AUT	Австрія	FRA	Франція та Монако	MAC	Макао
AZE	Азербайджан	GAB	Габон	MAR	Марокко
BDI	Бурунді	GBR	Великобританія	MDA	Молдова
BEL	Бельгія	GEO	Грузія	MDG	Мадагаскар
BEN	Бенін	GHA	Гана	MDV	Мальдіви
BFA	Буркіна-Фасо	GIB	Гібралтар	MEX	Мексика
BGD	Бангладеш	GIN	Гвінея	MKD	Півн. Македонія
BGR	Болгарія	GNB	Гвінея-Бісау	MLI	Малі
BHR	Бахрейн	GNQ	Екватор. Гвінея	MLT	Мальта
BIH	Боснія і Герцеговина	GRC	Греція	MMR	М'янма/Бірма
BLR	Білорусь	GRD	Гренада	MNG	Монголія
BLZ	Беліз	GRL	Гренландія	MOZ	Мозамбік
BOL	Болівія	GTM	Гватемала	MRT	Мавританія
BRA	Бразилія	GUY	Гайана	MUS	Маврикій
BRB	Барбадос	HKG	Гонконг	MWI	Малаві
BRN	Бруней	HND	Гондурас	MYS	Малайзія
BTN	Бутан	HRV	Хорватія	NAM	Намібія
BWA	Ботсвана	HTI	Гаїті	NCL	Нова Каледонія
CAF	Центр-Африканська Республіка	HUN	Угорщина	NER	Нігер
CAN	Канада	IDN	Індонезія	NGA	Нігерія
CHE	Швейцарія	IND	Індія	NIC	Нікарагуа
CHL	Чилі	IRL	Ірландія	NLD	Нідерланди
CHN	Китай	IRN	Іран	NOR	Норвегія
CIV	Кот-д'Івуар	IRQ	Ірак	NPL	Непал
CMR	Камерун	ISL	Ісландія	NZL	Нова Зеландія
COG	Конго	ISR	Ізраїль	OMN	Оман
COL	Колумбія	ITA	Італія	PAK	Пакистан
CPV	Кабо-Верде	JAM	Ямайка	PAN	Панама
CRI	Коста-Ріка	JOR	Йорданія	PER	Перу
CUB	Куба	JPN	Японія	PHL	Філіппіни
CYP	Кіпр	KAZ	Казахстан	PLW	Палау
CZE	Чехія	KEN	Кенія	POL	Польща
DEU	Німеччина	KGZ	Киргизстан	PRI	Пуерто-Ріко
DMA	Домініка	KHM	Камбоджа	PRT	Португалія
DNK	Данія	KIR	Кірібаті	PRY	Парагвай
QAT	Катар				

ROU	Румунія	SWE	Швеція	USA	Сполучені Штати
RUS	Росія	SYR	Сирія		Америки
RWA	Руанда	TCD	Чад	UKR	Україна
SAU	Саудівська Аравія	TGO	Того	URY	Уругвай
SCG	Сербія та Чорногорія	THA	Таїланд	UZB	Узбекистан
SDN	Судан	TJK	Таджикистан	VEN	Венесуела
SEN	Сенегал	TKM	Туркменістан	VNM	В'єтнам
SGP	Сінгапур	TON	Тонга	VUT	Вануату
SLE	Сьєрра-Леоне	TTO	Тринідад і Тобаго	WSM	Самоа
SOM	Сомалі	TUN	Туніс	YEM	Ємен
SVK	Словаччина	TUR	Туреччина	ZMB	Замбія
SVN	Словенія			ZWE	Зімбабве

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Зміна клімату формує нову реальність для людства, постаючи проблемою цивілізаційного вибору. Світова спільнота вже стикнулася з питаннями виживання у середовищі виняткових хвиль спеки, інтенсивних штормів, руйнівних повеней, посух та пожеж, прояви яких загострюються щорічно. Хоча екологічною причиною цих явищ визнано глобальні викиди парникових газів, екзистенційна природа проблеми значно глибша і полягає у фарватері розвитку світової системи господарювання.

Питання втримання глобального потепління у межах, задекларованих Зеленими угодами — це виклик для світової економіки, який вимагає потужного кліматичного лідерства та рішучих дій у найближче десятиріччя, а також комплексних трансформацій у сферах економічного розвитку, технологічного прогресу, індустріалізації, суспільного споживання і виробництва, міжнародної торгівлі, розподілу ресурсів та міжнародних політик. Водночас, це визначальна можливість закласти базис майбутньої епохи сталого економічного зростання шляхом переосмислення засад глобальної системи господарювання та її переорієнтації на досягнення кліматичної нейтральності, як своєрідної форми збереження сталості та безпеки для людства. Одне з принципових питань нині полягає у забезпеченні системності та консолідованості досягнення кліматичної нейтральності зусиллями усіх суб'єктів світової економіки, а також пошуку механізмів прискорення цього процесу.

У цьому контексті диджиталізація має розглядатися у ролі своєрідного драйвера забезпечення кліматичної нейтральності світової економіки з огляду на перші результати впровадження цифрових технологій в імплементації низьковуглецевих практик, переході на альтернативні джерела енергії, моніторингу викидів та еко-аналітиці. Поєднання можливостей цифрового мегатренду у подоланні глобального кліматичного виклику є актуальним напрямком з огляду на перспективи забезпечення швидкості та масштабу

трансформацій, інтеграції досвіду різних секторів економіки та стимулювання глобальної співпраці.

Для України окреслені питання набувають стратегічного значення в контексті планування повоєнного відновлення національної економіки та реалізації євроінтеграційних прагнень на засадах сталості та екологічності. Питання клімату є предметом перемовин з ЄС, орієнтиром сучасних світових політик та потужним репутаційним чинником розвитку міжнародних відносин.

Теоретичні аспекти дослідження екологізації світової економіки, кліматичної сталості, зеленого та цифрового переходу, циркулярних практик, можливостей диджиталізації у підтримці сталого розвитку, досліджуються у вітчизняному та закордонному науковому дискурсі.

Серед вітчизняних науковців важливо зазначити наукові доробки Бакушевич І.В., Білої С.О., Борисяк О.В., Брича В.Я., Веклич О.О., Гайдуцького І.П., Гальцової О.Л., Зварич І.Я., Зварича Р.Є., Крисоватого А.І., Куриляк В.Є. Лизун М.В., Ліщинського І.О., Мельника Л.Г., Орехової Т.В., Павлової О.М., Петкової Л.О., Резнікової Н.В., Савельєва Є.В., Сімахової А.О., Сохацької О.М., Чалої В.С., Швиданенка О.А., Шубалого О.М.

Серед закордонних науковців доцільно відмітити праці Алкуди М., Арори Н., Барб'єра І., Батрансе Л., Бос Г., Бретшгера Г., Вай-Мінг Т., Гарарда Дж., Гілберта М., Д'Амато, Датч-Брауна Н., Деліна Р., Джончепа Р., Еспінози М., Жанга Р., Жиглера Р. Канкеля С., Каридаса С., Као В., Клементі І., Костанзи Р., Круза С., Маккафі К., Манабе С., Ніколетті Г., Парізі Дж., Пелса І., Розетті Ф., Фінбеннер М., Фірой Д., Хассельмана К., Чанга А., Чена Р., Швард П., Шульза К., Якобсена Дж.

Результати наукових досліджень зазначених авторів формують вагомий внесок у розвиток сучасної наукової думки. Їх аналіз показав, що у науковому дискурсі у цілому поставлено проблему необхідності досягнення кліматичної нейтральності, однак, все ще відсутнє її цілісне бачення з точки зору механізмів реалізації, регулювання та інтеграції в системі світової економіки. Водночас, цифрова трансформація розглядається переважно з позицій епістемологічного

тренду сучасності, цифрової інклюзії, сталого розвитку, подвійного переходу. Стосовно диджиталізації залишається практично нерозкритим питання її потенціалу в подоланні глобального кліматичного виклику, який нині має бути реалізовано усіма країнами світу з огляду на поширеність та стрімкий прогрес цифрових технологій та інновацій. Окреслені аспекти потребують розробки та поглиблення теоретико-методологічних засад, широкої емпіричної перевірки, визначення механізмів та моделей розвитку, що лягло в основу формування теми, мети та задач дослідження.

Дисертацію присвячено вирішенню важливої наукової проблеми – диджиталізації світової економіки у забезпеченні її кліматичної нейтральності, що полягає в обґрунтуванні теоретико-методологічних засад, емпіричних та прикладних аспектів застосування диджиталізації для досягнення кліматичної нейтральності світової економіки шляхом визначення її ролі як драйвера, з особливим акцентом на розробку та впровадження відповідних положень для України.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційне дослідження виконано в межах плану науково-дослідних робіт Західноукраїнського національного університету, зокрема фундаментальної наукової держбюджетної роботи «Модель регіональної безпеки: економічні й технічні аспекти сталого розвитку та цивільного захисту під час війни» (державний реєстраційний номер 0124U000063, Наказ ЗУНУ від 21.03.2024 р., № 116-К/тр-НДЧ), в якій досліджено питання рефреймінгу зеленого-цифрового переходу світових індустрій в контексті впливу війни та необхідності забезпечення кліматичної нейтральності; науково-дослідної роботи "Стратегічні детермінанти економічної дипломатії в контексті формування нової конфігурації світового порядку" (державний реєстраційний номер 0121U111026), в якій проаналізовано особливості ко-еволюції цифрового та кліматичного векторів в умовах формування нового світового порядку; науково-дослідної роботи "Новітні тренди розвитку міжнародних відносин" (державний реєстраційний номер 0123U100872), в якій досліджено

проблематику кліматичної нейтральності як нового орієнтиру розвитку міжнародних відносин в умовах цифрової глобалізації. Напрацювання за дисертаційною роботою знайшли відображення у реалізації плану науково-дослідних робіт НУ «Науково-дослідний центр сталого розвитку», тема «Новітні підходи до оцінювання еволюційного характеру розвитку системи міжнародних економічних відносин» (державний реєстраційний номер 0122U202040), у якій виконано дослідження розвитку системи міжнародних економічних відносин в контексті цифрової трансформації та кліматичних викликів. Результати дисертаційного дослідження було також отримано в процесі розробки науково-дослідної теми у Державному університеті економіки і технологій: «Цифрові можливості для розвитку кліматично-нейтральної економіки України в умовах міжнародних інтеграційних процесів» (державний реєстраційний номер 0123U104501).

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження є обґрунтування теоретико-методологічних положень, емпіричних та прикладних аспектів диджиталізації як драйвера забезпечення кліматичної нейтральності світової економіки, а також розробка відповідних стратегічних напрямів та механізмів для України.

Досягнення зазначеної мети потребувало вирішення таких завдань:

- визначити концептуальні засади кліматичної нейтральності світової економіки для врахування дискурсу впливу кліматичних викликів на глобальну економічну систему;
- сформулювати теоретико-концептуальні засади сучасної візії диджиталізації для обґрунтування її ролі як драйвера кліматичної нейтральності світової економіки;
- систематизувати формотворчі віхи та процеси ко-еволюційної динаміки міжнародних зусиль у напрямку цифрового та кліматичного векторів глобального розвитку для визначення аспектів їх взаємопосилення та синергії;
- побудувати методологічну канву дослідження глобального конструкту «диджиталізація – кліматична нейтральність» світової економіки на основі

триангуляції наукових підходів для забезпечення інтегрованого та комплексного аналізу;

- сформуувати інструментарій квантитативного аналізу кліматично-нейтральної економіки в контексті показників цифрового та зеленого розвитку для формування аналітичної основи при обґрунтуванні можливостей диджиталізації у сфері кліматичного регулювання;

- побудувати емпіричну модель світової кліматичної конвергенції для оцінки збіжності країн у їх спільному русі до кліматичної нейтральності світової економіки відносно реалізації ключових світових зелених угод;

- виявити конвергентні-дивергентні тенденції на рівні світової економіки та окремих галузей для позиціонування країн в системі лідери-відстаючі та визначення напрямків кліматичного регулювання;

- визначити напрямки рефреймінгу зеленого-цифрового переходу світової економіки у розрізі окремих галузей для забезпечення кліматичної нейтральності та посилення можливостей диджиталізації у цьому процесі;

- розвинути концепцію сталої диджиталізації для зниження можливого негативного впливу цифрових технологій та гармонізації зеленого-цифрового переходу світової економіки;

- визначити системні напрямки реалізації міжнародних кліматично-цифрових проєктів та особливості їх міжрегіональної диференціації для встановлення стратегічних орієнтирів досягнення кліматичної нейтральності світової економіки;

- розробити концепт цифрового каркасу кліматично-нейтральної економіки для планування стратегій технологічного та інноваційного забезпечення кліматичної нейтральності на глобальному та національному рівні;

- сформуувати модель розвитку кліматично-нейтральної економіки на засадах інтеграції можливостей диджиталізації та емпіричного досвіду глобального кліматичного фінансування для визначення ефективних напрямів досягнення кліматичної нейтральності;

- визначити передумови цифрового і зеленого розвитку в Україні для формування стратегічних напрямів досягнення кліматичної нейтральності;
- проаналізувати аспекти реалізації кліматичного курсу України-ЄС та можливості диджиталізації в посиленні цього напрямку євроінтеграційного процесу;
- окреслити механізм повоєнного відновлення економіки України на засадах диджиталізації для забезпечення кліматичної нейтральності національної економіки.

Об’єктом дослідження є: процеси становлення, функціонування та розвитку диджиталізації в системі забезпечення кліматичної нейтральності світової економіки.

Предметом дослідження є: теоретико-методологічні та прикладні засади застосування диджиталізації для забезпечення кліматичної нейтральності світової економіки, зокрема стратегічні напрямки їх імплементації в Україні.

Методи дослідження. Теоретико-методологічний базис дослідження спирається на світоглядний дискурс економічної теорії, теорії міжнародних відносин, а також містить загальнонауковий та міждисциплінарний акцент теорій кліматичного управління, цифрових технологій та суспільного розвитку, що були використані при розгляді окремих положень дослідження. У дисертації використано триангуляцію наукових підходів, що передбачає вибір і комбінування загальнонаукових методів дослідження, якісних та кількісних методів для комплексного дослідження теми. Загальний перелік методів дослідження охоплює такі: ретроспективний аналіз та історичне порівняння – для побудови еволюційної рамки ключових міжнародних зелених угод, оцінки та порівняння їх результативності відносно до цілей кліматичної нейтральності, визначення ключових формотворчих віх та окреслення ретроспективи політико-історичного становлення концепту кліматичної нейтральності; семантичний аналіз – визначення етимологічних різниць окремих понять, як диджиталізація, диджитизація, кліматична нейтральність та ін.; аналіз та синтез – формування теоретичної бази дослідження, систематизація напрямків кліматично-цифрових

проектів, розмежування та аналіз напрямків розвитку; дедуктивний та індуктивний метод – побудова логічних ланцюжків причинно-наслідкових зв'язків у конструкті «диджиталізація – кліматична нейтральність» світової економіки; статистичні методи – статистична оцінка динаміки ключових показників дослідження, характеру трендів та зв'язків між показниками; квантитативний та просторовий аналіз – для визначення кількісних параметрів за глобальної диференціації кліматично-цифрових проектів; контент аналіз та кейс-стаді – для аналізу сутнісних характеристик кліматично-цифрових проектів та виділення ключових ознак для побудови типології; економіко-математичного моделювання – побудова моделі бета- та сигма конвергенції, моделювання загальної збіжності країн на цій основі за обраними критеріями (процедура моделювання виконувалась у середовищі Microsoft Excel з подальшою перевіркою результатів у середовищі Python). Графічні методи використано для візуалізації графіків, структурно-логічних схем тощо.

Інформаційну базу дослідження склали нормативно-правові документи національного та міжнародного рівня, зокрема угоди, стратегії та програми у напрямку зеленого переходу, розвитку цифрової економіки, кліматичного регулювання; звіти міжнародних організацій та інституцій, таких як ООН, Європейська Комісія, Світовий банк, Міжнародне енергетичне агентство та ін.; статистичні дані світових і регіональних економічних організацій; статистика міжнародних індексів цифрового та зеленого розвитку; інформація з офіційних відкритих банків даних міжнародних кліматичних фондів, зокрема зібрана документація 243 проектів найбільшого нині Зеленого Кліматичного Фонду; узагальнена статистика 370 міжнародних кліматичних-цифрових ініціатив за регіонами світу від Sustainable Development Agency; аналітичні огляди з питань диджиталізації, декарбонізації та кліматичної нейтральності; вітчизняні та закордонні наукові праці за тематикою дослідження.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у системному вирішенні важливої наукової проблеми - обґрунтуванні теоретико-методологічних засад, емпіричних та прикладних аспектів використання

диджиталізації для забезпечення кліматичної нейтральності світової економіки, що передбачає визначення її ролі як драйвера, з особливим акцентом на розробку та впровадження відповідних положень для України.

Основні положення дисертаційної роботи, що визначають її наукову новизну, полягають у наступному:

у перше:

- сформовано модель розвитку кліматично-нейтральної економіки, яка вирізняється системним підходом до інтеграції можливостей диджиталізації для забезпечення мережевої співпраці, спирається на результати комплексного кейс-стаді проектів глобального кліматичного фінансування в різних регіонах світу, що дозволило виокремити ключові сегменти розвитку та зв'язки між ними: підтримка фінансової спроможності та стійкості бізнесу в умовах кліматичної адаптації та мітигації, що охоплює цифрові технології у просуванні фінансово-кредитних інструментів для зеленого переходу, інноваційних бізнес-моделей з виробництва кліматично-нейтральних продуктів та інтеграції низьковуглецевих практик, впровадження енергозберігаючих технологій; розширення можливостей громад, яке включає забезпечення доступу до кліматичної інформації, впровадження цифрових платформ для освіти та інтеграції, підвищення адаптаційного потенціалу вразливих груп, забезпечення доступу до ресурсів, передусім чистої енергії; розвиток екосистем, що спирається на екосистемну адаптацію, управління ресурсами, державне планування територій; модель спрямована на посилення системної координації зусиль між бізнесом, громадами та міжнародними інституціями, підвищуючи ефективність кліматичних ініціатив.

- запропоновано концепт цифрового каркасу кліматично-нейтральної економіки, який визначає критично важливі технології для досягнення кліматичної нейтральності у різних сферах господарювання, що дозволяє використовувати його для планування технологічного та інноваційного забезпечення; ідентифіковано цифрові рішення, які нині можуть використовуватись суб'єктами господарювання самостійно (дистанційне зондування, AI і машинне навчання, блокчейн, цифрові платформи) та в

комбінації з іншими (супутникові рішення, сенсори, великі дані, дрони) для цілей декарбонізації; складовими інтеграції каркасу в системі світової економіки визначено створення дослідницьких кластерів, міжнародну координацію, філантропію, обмін технологіями та формування спільних динамічних інформаційних платформ набутого практичного досвіду за секторами господарювання; пропонується до використання при формуванні стратегій інноваційного розвитку та плануванні технологічного супроводу кліматично-нейтральної економіки у межах національних стратегій та кліматичного регулювання.

- запропоновано підхід до позиціонування країн в глобальному русі забезпечення кліматичної нейтральності світової економіки, який враховує динаміку вуглецевого сліду національних економік, як поточний результат руху до «чистого нуля», і дозволяє визначити позиції лідерів та відстаючих серед країн світу відповідно до запропонованих категорій: кліматичні агресори, нові забруднювачі, актори зниження викидів, кліматичні маргінали; за рахунок можливості відстеження позицій країн та репрезентації світової структури у цілому, пропонується до використання для періодичного перегляду ефективності кліматичних стратегій, оцінці впливу окремих країн та їх відповідальності, формування адресних міжнародних політик за визначеними категоріями, посилення транспарентного інформаційного супроводу при подальшому розвитку системи наднаціонального кліматичного регулювання у світовій економіці.

- розроблено механізм кліматично-нейтрального повоєнного відновлення економіки України, який комплексно враховує орієнтири кліматичної нейтральності, виклики відбудови, інституційне, інструментальне забезпечення та передбачає наскрізну роль диджиталізації, що дозволяє забезпечити широкий цільовий фокус; передбачає системний підхід до координації відновлення завдяки систематизації цифрових, економічних, інфраструктурних, соціальних і моніторингових інструментів із відповідними технологічними інноваціями та цифровими рішеннями, що охоплює міжгалузевий контекст (у промисловості, сільському господарстві, транспорті,

енергетиці та будівництві) і дозволяє зробити акцент на зеленій відбудові інфраструктури, зростанні енергоефективності, залученні бізнесу та розвитку в Україні нового сегменту кліматичних-цифрових технологій, як одного з перспективних цільових напрямів такого механізму.

удосконалено:

- методологічну канву дослідження глобального конструкту «диджиталізація – кліматична нейтральність» світової економіки, що вирізняється застосуванням триангуляції наукових підходів: 1) теоретичного (вибір світоглядних моделей для встановлення та інтерпретації базисних зв'язків зеленого та цифрового розвитку); 2) методичного (поєднання якісних та квантитативних методів для ситуаційного аналізу проблеми на основі глобальних індексів, динаміки тенденцій макропоказників зеленого та цифрового розвитку, оцінки функціональних залежностей між ними); 3) джерел даних (поєднання класичних джерел міжнародних статистичних провайдерів зі спеціалізованими базами даних кліматично-цифрових проєктів, кейс-стаді глобальних кліматичних фондів та ін.); дозволяє забезпечити комплексний підхід та валідність результатів через можливості широкої емпіричної перевірки та інтерпретації.

- підхід дослідження ко-еволюції кліматично-нейтрального та цифрового векторів глобального розвитку, що вирізняється системним аналізом напрямів синхронізації зелених і цифрових ініціатив за останні півсторіччя активної індустріальної експансії; на основі врахування тенденцій взаємопроникнення функціональних можливостей диджиталізації у механізми боротьби зі зміною клімату виділено три рівні ко-еволюції: базовий, декларативний та інтегративний, що дозволило ідентифікувати: спільні точки дотику цих мегатрендів у світовій економіці (глобальний вплив, міжгалузевий характер, трансформація ринкових структур, публічно-приватне партнерство, перехід на нові бізнес-моделі, залежність від доступності); відмінності (за рівнем зрілості, потребою у стимуляції, тривалістю отримання результатів, горизонтом планування, характером ризиків); аспекти синергії та взаємопосилення (формування запиту на нові кластери цифрових інновацій, їх

адаптація до задач кліматичної нейтральності, стала диджиталізація, енергоефективність технологій; інформаційна підтримка та залученість, управління даними для боротьби зі зміною клімату).

- науковий підхід до рефреймінгу зеленого-цифрового переходу світової економіки, який вирізняється сфокусованістю на досягненні кліматичної нейтральності та враховує результати емпіричного аналізу за галузями світової економіки, що дозволило систематизувати перспективні напрями диджиталізації для забезпечення кліматичної нейтральності у стратегічному вимірі розвитку енергетики (енергія-як-послуга, розумні енергомережі, системи зберігання енергії, штучний інтелект та децентралізовані платформи управління для прогнозування попиту та пропозиції), транспорті (мобільність-як-послуга, автоматизоване керування, інтелектуальні транспортні системи), будівництві (моніторинг та управління енергоефективністю будівель, інформаційне моделювання конструкцій), сільському господарстві (розумне відповідальне фермерство, платформи точного землеробства), промисловості (цифрові двійники, роботизація, IoT, інтеграція блокчейну для відстеження вуглецевого сліду); виявлено тренд до комплексного підходу у наданні пакетних цифрових послуг в різних індустріях, що уможливлює швидше досягнення цілей декарбонізації та розвиток світових ринків цифрових технологій у зазначених галузях.

- систему глобальної диференціації міжнародних кліматично-цифрових проєктів за різними вимірами: виконавці та попит, фокус отриманих результатів, тип партнерства, ключові цифрові рішення, що дозволило виокремити і класифікувати 6 системних напрямів, в яких диджиталізація сприяє досягненню цілей кліматично-нейтрального розвитку в різних країнах світу: сільське господарство та продовольчі системи, енергетичний менеджмент, циркулярні практики та управління ресурсами, інфраструктура розумного міста та управління будівлями, екологічний моніторинг та збереження екосистем, дані та цифрові інструменти для клімату; провідними організаційними факторами їх реалізації визначено широке публічно-приватне партнерство з акцентом на залучення бізнесу до втілення цифрової складової

кліматичних ініціатив та забезпечення принципу субсидіарності, що дозволяє врахувати локальний місцевий контекст та залучити громадський сектор в посиленні кліматичних ініціатив.

- стратегічну рамку досягнення кліматичної нейтральності економіки України, що спирається на комплексне врахування вихідних соціально-економічних чинників, індексів цифрового та зеленого розвитку, вплив війни та євроінтеграційний вектор, що дозволило обґрунтувати їх пріоритетність і на основі багатофакторного аналізу емпірично підтвердити вагомий вплив на вуглецеву інтенсивність економіки України таких факторів як: обсяг ВВП (безпосередньо корелює з обсягом генерації вуглецю, що вказує на високу вуглецевоємність національних індустрій), відновлювальна енергія (підтверджено перспективність фокусу зусиль на збільшенні частки відновлювальних джерел енергії як чинника зниження викидів економіки України), користувачі інтернет та стільникового зв'язку (що відображає позитивний вплив цифрового розвитку на досягнення кліматичної нейтральності в Україні).

набули подальшого розвитку:

- поняття кліматичної нейтральності світової економіки як фундаментального напрямку розвитку світової системи господарювання; запропоновано розглядати його у широкому цивілізаційному дискурсі як таке, що передбачає досягнення балансу в системі зниження-ліквідації-компенсації вуглецевого сліду світової економіки та потребує посилення системи наднаціонального кліматичного регулювання, що спирається на мультилатеральне залучення міжнародних економічних суб'єктів, гарантуючи збереження клімату на прийнятному рівні для всіх поколінь. На відміну від існуючих, трактування у цільовій площині закладає не тільки досягнення «чистого нуля» викидів, але посилює аспект глобальної відповідальності та регулювання, що сприятиме розвитку міжнародних кліматичних політик у напрямку забезпечення збіжності зусиль країн у спільній боротьбі за кліматичну сталість.

- теоретико-концептуальні засади сучасної візії диджиталізації, що полягає в уточненні її ролі як драйвера кліматичної нейтральності світової економіки у розрізі таких сфер: забезпечення системного моніторингу та контролю вуглецевого сліду на глобальному рівні та у розрізі окремих національних економік; нові можливості в координації міжнародних зусиль; формування технологічного базису цифрових рішень для забезпечення кліматичної нейтральності; фасилітація впровадження низьковуглецевих практик суб'єктами господарювання; прозорість та інформаційно-комунікаційний супровід. Це дозволяє розширити функціональну роль диджиталізації як рушійної сили глибоких трансформацій у світовій системі господарювання, спрямованих на подолання глобального кліматичного виклику.

- методологічний підхід до оцінювання кліматичної конвергенції світової економіки, який вирізняється адаптацією класичних моделей сигма та бета конвергенції для ідентифікації позитивної (конвергентної) або негативної (дивергентної) тенденції щодо збіжності країн світу у зниженні вуглецевого сліду світової економіки, що дозволяє визначити мультилатеральність, симетричність, рівномірність цього процесу у глобальному вимірі та відносно часових проміжків реалізації ключових міжнародних зелених угод, що розширює можливості інтерпретації їх результативності в контексті зниження викидів; підхід може бути масштабовано для аналізу конвергентних тенденцій у міжгалузевому вимірі (ідентифіковано конвергентні тенденції зниження вуглецевої інтенсивності у світовому аграрному секторі та будівництві, водночас, посилення негативних дивергентних тенденцій у світовій енергетиці, промисловому виробництві та транспорті), а також стосовно показників цифрового розвитку (ідентифіковано конвергентні тенденції за показниками цифрової доступності на глобальному рівні).

- концепція сталої диджиталізації в досягненні кліматичної нейтральності світової економіки, яка вирізняється її позиціонуванням в системі гармонізації зелено-цифрового переходу економіки і спрямована на зниження можливого негативного впливу цифрових технологій, зокрема їх вуглецевого сліду, що досягається через міжнародний консенсус в питанні переосмислення ролі

диджиталізації, подолання розривів цифрового та зеленого розвитку, забезпечення спрямованості інновацій; це дозволило виокремити і систематизувати принципи забезпечення сталої диджиталізації: зниження енергоспоживання інформаційно-комунікаційних технологій, оптимізація матеріально-технічної бази, циркулярність цифрових технологій, боротьба з дезінформацією, інтеграція сталих цифрових технологій у бізнес-моделі, які у підсумку сприяють зниженню неочікуваних ефектів відскоку економіки, які ідентифіковано для різних світових галузей через стрибки споживання енергії, збільшення вуглецевої промислового виробництва на тлі впровадження практик енергоефективності, підвищення інтенсивності перевезень, зростання попиту на цифрові товари та збільшення використання хмарних сервісів.

- канва дизрапторів досягнення кліматичної нейтральності світової економіки, яка вирізняється врахуванням техніко-економічного, інституційного та соціального аспектів і дозволяє охопити чинники, що вповільнюють трансформаційні процеси та можуть виникати у перехідні періоди: інфраструктурні обмеження, цифровий розрив, відсутність необхідних навичок, нерівномірний доступ до технологій та інновацій, швидкий розвиток нових недостатньо досліджених технологій, енергетична ємність окремих цифрових технологій, невизначеність політики та регулювання у напрямку «нульових викидів», обмеження міжнародної співпраці та інтеграції, дисонанс кліматичних і цифрових політик, фінансові бар'єри.

- підхід до інтеграції кліматичних політик України та ЄС, який передбачає впровадження цифрових рішень у системі забезпечення кліматичної нейтральності на засадах узгодженості з ЄС, зокрема розгортання інтегрованих цифрових платформ для моніторингу та звітності щодо викидів, використання блокчейн-рішень для відстеження вуглецевого сліду та прозорості взаємодії, впровадження інструментів штучного інтелекту та великих даних, розвиток цифрової дипломатії, що спрямовано на подолання інтеграційних бар'єрів; одним з викликів визначено ефект "гарячого повітря" в Україні, коли зменшення викидів не супроводжується реальними

низьковуглецевими змінами в економіці, а є наслідком економічного спаду, що потребує посилення заходів кліматично-нейтрального розвитку.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблені в дисертації теоретико-методичні положення та практичні рекомендації щодо диджиталізації як драйвера досягнення кліматичної нейтральності світової економіки, зокрема науково-прикладні пропозиції щодо реалізації цього процесу в Україні, одержали практичне застосування в діяльності органів державного управління, міжнародних організацій, місцевого самоврядування, громадського сектору та вітчизняних установ.

Одержані в процесі дослідження наукові результати прийнято до впровадження: Міністерством розвитку громад, територій та інфраструктури України (довідка № 8716/43/10-24 від 14.05.2024 р.); Комітетом Верховної Ради України з питань цифрової трансформації (довідка № 04-33/14-2024/134192 від 18.06.2024 р.); Комітетом Верховної Ради України з питань екологічної політики та природокористування (довідка № 04-15/12-2024/112977 від 22.05.2024 р.); представництвом міжнародної організації з безпеки та співробітництва в Європі ОБСЕ (довідка від 5.06.2024 р.); міжнародною організацією PAEW (довідка від 6.06.2024 р.); Українською асоціацією Римського клубу (довідка від 3.05.2024 р.); Торгово-промисловою палатою м. Києва (довідка від 4.05.2024 р.); Фундацією інституційного розвитку FID (довідка № 26-2024 від 21.05.2024 р.); виконавчим комітетом Криворізької міської ради (довідка № 9/11/3986 від 06.06.2024 р.); Українською гірничодобувною компанією (Довідка № 181/11-24 від 4.11.2024 р.); міжнародною інвестиційною компанією ZAS Ventures (Довідка від 7.10.2024); дочірньою компанією міжнародної корпорації ПАТ АрселорМітталКР (Довідка від 20.09.2024 р.).

Основні положення та результати дисертаційної роботи використовуються у навчальному процесі Державного університету економіки і технологій (Довідка № 1460-01/01 від 30.10.2024 р.), а також у навчальних програмах з підвищення кваліфікації державних службовців, погоджених

Національним агентством України з питань державної служби (Довідка № 1460-01/02 від 30.10.2024 р.).

Особистий внесок здобувача. Наукові результати та положення наукової новизни, що наведені у дисертації і виносяться на захист, отримані автором особисто. З наукових праць, опублікованих у співавторстві, в роботі використано лише ті ідеї і положення, які є результатом власних розробок автора.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи пройшли апробацію на міжнародних наукових та науково-практичних конференціях, зокрема: «Забезпечення сталого розвитку економіки в умовах глобалізаційних викликів» (м. Кельце, Польща, 2024 р.), «Реформування та стабілізація економіки в контексті міжнародного співробітництва (м. Одеса, 2024 р.), «Економіка країни в умовах глобальних викликів: наукові підходи та практика реалізації» (м. Одеса, 2024 р.), «Міжнародна економіка в умовах кліматичних змін: глобальні виклики» (м. Тернопіль, 2024 р.), «Актуальні проблеми управління соціально-економічними системами» (м. Луцьк, 2023 р., 2024 р.), VI International scientific congress «Society of Ambient Intelligence» (м. Бангалор, Індія – м. Сучава, Румунія – м. Резекне, Латвія, – м. Ташкент, Узбекистан – м. Кривий Ріг – м. Харків, 2023 р.), «Environment. Technologies. Resources» (м. Резекне, Латвія, 2023 р.), «Економічний і соціальний розвиток України в ХХ столітті: національна візія та виклики глобалізації» (м. Тернопіль, 2023 р.), «Social Aspects of Market Economy: SAGR International Conference» (м. Ченстохова, Польща, 2023 р.), «Society. Integration. Education» (м. Резекне, Латвія, участь у 2019 р., 2021 р., 2023 р.), «Фундаментальні зсуви гео економічної системи світу» (м. Київ, 2023 р.), «8th International Scientific Conference on Sustainability in Energy and Environmental Science» (м. Івано-Фанківськ – м. Лондон, Великобританія, 2021 р.), IV International Scientific Congress «ISC-SAI» (м. Кривий Ріг - м. Ченстохова, Польща, участь у 2020 р., 2021 р.), III International Scientific Congress ISC-SAI (м. Варшава, Польща - м. Київ, - м. Резекне, Латвія - м. Ташкент, Узбекистан - м. Кривий Ріг, 2020).

Основні положення дисертаційної роботи також пройшли апробацію у межах проєкту ERASMUS №2022-1-LV01-KA131-HED-000055299, що реалізовано спільно з Резекненською Академією Технологій (Латвія, 11-15 вересня, 2023 р.), під час якого було представлено та обговорено концептуальну рамку інтеграції політик кліматичної нейтральності з ЄС, а також результати моделювання кліматичної конвергенції світової економіки, провідну роль диджиталізації у цьому процесі.

Публікації. За результатами дисертаційної роботи опубліковано 45 наукових праць загальним обсягом 53,94 д. а, з яких особисто автору належить 30,45 д.а, у тому числі: 1 монографію у співавторстві; 26 статей у періодичних наукових виданнях України та інших держав, з яких 5 статей – у періодичних виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Sciences та Scopus (Q2, Q4), 18 – у наукових фахових виданнях України, 1 стаття – у періодичному науковому виданні України, 2 статті у періодичних виданнях інших держав (Польща, Індія); 17 публікацій за матеріалами міжнародних та всеукраїнських науково-практичних конференцій (4 з яких у виданнях, проіндексованих у базах даних Scopus та Web of Sciences); 1 підручник у співавторстві.

Структура і обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи становить 511 сторінок, з них 392 сторінки основного тексту. Дисертація містить 32 таблицю, 89 рисунків та 12 додатків на 43 сторінках. Список використаних джерел налічує 494 найменування на 53 сторінках.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-КОНЦЕПТУАЛЬНІ ЗАСАДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КЛІМАТИЧНОЇ НЕЙТРАЛЬНОСТІ СВІТОВОЇ ЕКОНОМІКИ КРІЗЬ ПРИЗМУ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ СУСПІЛЬСТВА

1.1. Концептуалізація кліматичної нейтральності світової економіки

Впродовж останніх десятиліть проблема зміни клімату набула всеохоплюючого характеру та незворотної динаміки наслідків, що вимагає від світової спільноти розробки спільних довгострокових стратегій та реалізації негайних тактичних дій зі збереження сталого середовища планети. Ціна питання надзвичайно висока для суспільства. І мова йде не тільки про безпосередні кліматичні збитки, обсяг яких за прогнозами Міжнародної групи експертів зі зміни клімату (МГЗЕК) конвертуватиметься у щорічне падіння 12% світового ВВП при підвищенні середньорічної температури на +1⁰C [263]. Ігнорування кліматичної кризи може призвести до кардинальних трансформацій систем господарювання в багатьох регіонах світу, умов життя в містах, напрямів міжнародної взаємодії та, як наслідок, глибоких економічних потрясінь, руйнування інфраструктури, зниження продуктивності праці, скорочення врожайності, зростання витрат на енергоносії, охорону здоров'я тощо. Цей неповний перелік наслідків передусім загрожує стійкості економічних систем по всьому світу.

Масштабність наслідків глобального потепління та кліматичної кризи дозволяє говорити про цивілізаційний характер проблеми. За останні 2 десятиліття кількість екстремальних погодних подій стрімко зросла на 83% (до 4000 офіційно зафіксованих випадків), внаслідок чого постраждали близько 1,6 млрд людей, а загальні збитки для економіки перевищили 2 трлн дол. [263]. Згідно з даними ООН, до 2050 року кількість людей, які потребуватимуть гуманітарної допомоги через наслідки зміни клімату, може досягти 200 мільйонів осіб [192]. Чисельні території в країнах Азії (Індонезія, Тайланд, Бангкок, Бангладеш), Африки (Нігерія, Єгипет), Європи (Італія, Нідерланди, Німеччина), Північної Америки (Майямі, Нью-Йорк) та острівні держави

Тихого океану (Тувалу, Мальдіви) нині знаходяться під високим ризиком часткового та повного затоплення внаслідок глобального потепління [188].

Відтак, передумовами формування ідеї кліматичної нейтральності світової економіки стали низка парадигмальних зрушень та усвідомлень, що обумовили необхідність перегляду традиційних підходів до світової системи господарювання та використання ресурсів (рис. 1.1).

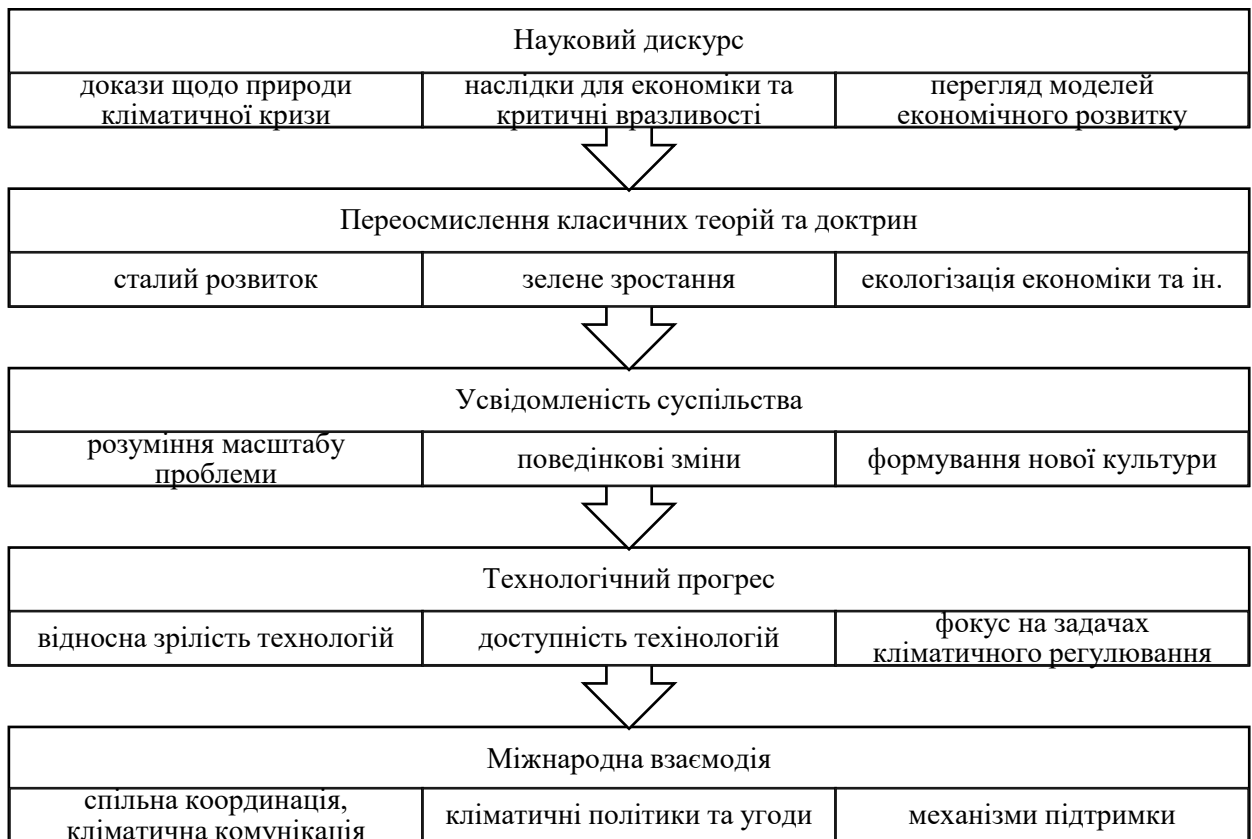


Рис. 1.1. Когнітивні передумови формування ідеї кліматичної нейтральності світової економіки

Джерело: сформовано автором

Слід зазначити, що за останнє десятиліття відбулось суттєве збагачення наукового дискурсу обґрунтованими доказами антропогенної природи кліматичної кризи, а також виявлення і осмислення наслідків змін клімату для світової економіки, визначення секторів критичних вразливостей в існуючих моделях економічного розвитку. Водночас, відбувається постійне переосмислення доктрин сталого розвитку та зеленого зростання у бік пошуку прикладних напрямків досягнення сталості навколишнього середовища,

попередження незворотних наслідків кліматичної кризи та збереження добробуту поколінь.

Важливу роль у розвитку ідеї кліматичної нейтральності відіграє зростання рівня усвідомленості суспільства щодо проблематики сталого розвитку, необхідності поведінкових змін та трансформації культури господарювання на мікро-, мезо- та мегарівнях. Водночас, загальний технологічний прогрес, зрілість та відносна доступність технологій дозволяють ініціювати кліматичні програми в кризних країнах світу та у цілому супроводжувати реалізацію зеленого переходу.

Важливе значення також має еволюційна консолідація міжнародних зусиль навколо проблематики зміни клімату, зокрема розвиток глобальних регулятивних політичних рамок та імплементація міжнародних зелених угод зі встановленням цілей кліматичного регулювання та механізмами підтримки.

Потужним важелем просування кліматичної проблеми на світовому рівні стали результати наукових досліджень Нобелівських лауреатів Хассельмана К., Манабе С. та Парізі Дж., які обґрунтували антропогенну природу кліматичної кризи, її поведінкові параметри та довели причинно-наслідкові зв'язки у ланцюжку *«викиди вуглецю → підвищення середньорічної температури → глобальне потепління»* [452]. Таким чином, було сформоване розуміння щодо викидів вуглецю, які утворюються внаслідок діяльності людини, як ключової причини впливу на клімат. Це обумовлює необхідність втримання глобального потепління у певному температурному коридорі 1,5°C, що нині закладено в основі міжнародних зелених домовленостей та в ідеї кліматично-нейтральної економіки.

Втім, з кожним роком шанси обмежити потепління до 1,5°C є все нижчими. У нещодавньому звіті Програми ООН з навколишнього середовища [192] зроблено висновок, що глобальні викиди повинні падати на 7,5% на рік до 2035 року, щоб повернутись до коридору 1,5°C або на 15% щорічно до 2030 року. Зазначимо, що нині світова економіка демонструє зростання вуглецевого

сліду на 1,5-3% щорічно. Це підкреслює необхідність більш рішучих дій для досягнення кліматичних цілей.

Відтак, ідея кліматичної нейтральності світової економіки по суті спрямована на досягнення світового консенсусу щодо вирішення проблеми зміни клімату за допомогою реалізації стратегій досягнення своєрідного «чистого нуля» викидів.

Рамкова конвенція ООН про зміну клімату (РКЗК ООН) детермінує кліматичну нейтральність як стан, за якого досягається баланс між обсягом парникових газів, що викидаються в атмосферу, та їх поглинанням чи компенсацією. Це означає досягнення чистих нульових викидів парникових газів шляхом впровадження комплексних економічних стратегій скорочення викидів, а також застосування механізмів компенсації. Основними інструментами компенсації виступають природні поглиначі, такі як ліси та океани, а також технології уловлювання та зберігання вуглецю. Таким чином, кліматична нейтральність охоплює як зусилля з декарбонізації на рівні секторів економіки, так і заходи для нейтралізації залишкових викидів [148].

Європейський Союз, оголосивши про свій намір стати першим кліматично нейтральним континентом до 2050 року, визначає кліматично-нейтральну економіку як «економіку з нульовими викидами парникових газів» [80]. Для досягнення цієї мети передбачено стратегію, що передбачає системну трансформацію економіки. Зокрема, така зміна спирається на впровадження технологічних інновацій, активну участь громадян у процесах змін, а також координацію зусиль у таких ключових сферах, як промислова політика, фінансові інструменти та наукові дослідження [201].

Впродовж десятиріччя генеза кліматично орієнтованого розвитку світової економіки поступово виокремлювалась в парадигмі зеленого курсу світової економіки. 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. Як одного з фундаторів, 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 питань в економічну політику 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» [392].

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. Цей перехід домінантних ідей яскраво представлено у наукових доробках Р. Констанси [153], 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. Пірса та І. Бейтмана [456], 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. Цей принцип фактично покладено в основу сучасних економічних механізмів кліматичної нейтральності, а саме — компенсації викидів та визначення соціальної вартості вуглецю.

За десятиліття еволюції економічної наукової думки та загострення екологічних наслідків системи господарювання, у науковому дискурсі викристалізувалося розуміння плеяди понять, що відповідають сучасній парадигмі сталого розвитку: «зелена економіка», «екологічна економіка», «циркулярна економіка», «біоекономіка», «кліматично-нейтральна економіка». Усі вищезазначені поняття об'єднані загальною ідеєю інтеграції екологічних принципів в економічне планування та управління, врахування впливу світової економіки на навколишнє середовище та адаптації економічних систем задля забезпечення сталого розвитку. Водночас, вони мають дещо різний фокус.

Сучасне трактування кліматичної нейтральності світової економіки потребує побудови теоретичного ланцюга формування її концептуальної складової в науковому дискурсі, в якому традиційно зелена економіка розглядається як більш всеохоплююча концепція.

Так, у своїй роботі Р. Річардсон [383] визначає зелену економіку як систему, що надає пріоритет людському благополуччю над системою споживання, намагаючись інтегрувати економічну діяльність із екологічною стійкістю. Зелена економіка концептуально спрямована на довгострокове соціально-економічне зростання. 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 [210]. Особливої уваги заслуговує бачення зеленої економіки К. Маккафі [322]. 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 контр-гегемоністичні дискурси, такі як "buen vivir" (добре життя), що

розвиваються переважно у країнах Глобального Півдня, та "degrowth" (зменшення зростання), що переважає в країнах Глобальної Півночі.

Глибоке дослідження проблематики зеленого зростання, екологічної економіки представлено у наукових працях Чалої В., що пропонує модель зеленої економіки у канві загальних суспільних благ та сталого розвитку [75], Горбач Л., Рубан О., які позиціонують зелену економіку як складову сталого розвитку [29], Сохацької О., Микитюка М., що розглядають проблематику екологізації економічного розвитку з позицій глобального регулювання [70].

Аналіз наукових праць показав, що «зелена економіка» нерідко 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 [426] 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. [97], 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. За думкою цих науковців, сучасна модель зеленої економіки стала настільки всеохоплюючою, що має охопити щонайменше 3 критичні стовпи сталого розвитку: екологічні проблеми, відновлювальна енергія, низькі рівні викидів вуглецю.

На підтвердження цієї думки варто зазначити два масштабні міжнародні дослідження.

Наукова праця колективу авторів Д. Д'Амато, Н. Дросте, В. Аллен та ін. [239]. Проаналізувавши більше двох тисяч наукових викладок за понад 30 років, науковці пропонують розуміння «зеленої економіки» як всеохоплюючої

парадигми, 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.

Альтернативну думку віддзеркалено в іншому масштабному дослідженні колектив авторів Лоз'є І., Сайку Л. та ін. [237]. 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. Науковці на основі діалектичного розбору сучасних концепцій, дотичних до зеленої економіки, доходять висновку, що новітні напрямки є досить самостійними та самобутніми, проте вимушені залишатися 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» [237]. Багатогранність глобальних викликів та екологічних проявів сьогодення вимагає більш системного, індивідуального підходу.

Відтак, кліматична нейтральність цілком відповідає ціннісним орієнтирам зеленого зростання, але сфокусована на результат у своїй проблемній сфері, а саме — скорочення викидів сучасної системи господарювання, декарбонізації економіки, адаптації та мітігації економічних суб'єктів до змін клімату. З іншого боку, кліматична нейтральність світової економіки передбачає

досягнення глобальної мети, що полягає у збереженні сталої кліматичної системи планети для майбутніх поколінь.

Сучасний науковий дискурс містить різні трактування понять «кліматична нейтральність» та «кліматично-нейтральна економіка» (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Визначення кліматично-нейтральної економіки у науковому дискурсі

Автори	Визначення
Кліматично-нейтральна економіка	
<i>Фірой Д. та ін.</i> [169]	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.
<i>Пелса І., Баліна С.</i> [362]	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.
<i>Чен Р., Жан Р., Хан Х.</i> [137]	Кліматично-нейтральна економіка – це система, що реалізує баланс викидів та поглинання вуглецю у виробництві для досягнення чистих нульових викидів.
<i>Міжурядова група експертів з питань зміни клімату</i> [263]	Кліматично-нейтральна економіка передбачає стан, коли діяльність індивідуума, організації чи країни призводить до нульових чистих викидів CO ₂ .
Кліматична нейтральність	
<i>Секретаріат ООН з питань зміни клімату</i> [420]	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
<i>Фінбеннер М., Бетч В.</i> [214]	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.
<i>Жиглер Р.</i> [494]	Етичне поняття кліматичної нейтральності ставить критичний акцент на скороченні та прозорому вимірюванні, заміщенні та залученні зацікавлених сторін для протидії переважному фокусу на компенсації.
<i>Мілжаскі В.</i> [325]	Кліматична нейтральність означає баланс між викидами вуглекислого газу від промисловості та діяльності суспільства і його поглинанням зеленими лісами.
<i>Чанг А. Вай-Мінг Т.</i> [139]	Кліматична нейтральність означає стан чистих нульових викидів вуглецю, досягається шляхом балансу між викидами та видаленням вуглецевих сполук із атмосфери

Джерело: сформовано автором

Як бачимо, в основі трактування кліматично-нейтральної економіки лежить поняття «системи, що досягає стану». Водночас цей стан вимірюється

балансом генерації та поглинання викидів вуглецю, тобто орієнтований на забезпечення цілком технічно досяжного показника «нульових викидів», який необхідно відслідкувати, виміряти і можна прийняти за певний критерій розвитку. Водночас, поняття «кліматичної нейтральності» характеризує цей стан як баланс.

Публічний дискурс пояснення проблематики кліматичної нейтральності у цілому збігається з науковим, але містить ще більш прикладний акцент на механізмах зниження – ліквідації вуглецевого сліду, а також на соціально-етичній складовій (Табл. 1.2)

Таблиця 1.2

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

Джерело	Визначення
Публічний дискурс	
<i>Зелена Угода ЄС [431]</i>	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.
<i>Білл Гейтс [222]</i>	Кліматично-нейтральна економіка – це економічна система, що досягає чистих нульових викидів через впровадження інноваційних технологій та зниження вартості зелених альтернатив.
<i>Джо Байден, Президент США [115]</i>	Кліматично-нейтральна економіка – це економіка, що досягає чистих нульових викидів парникових газів, інвестуючи у відновлювані джерела енергії та технології з низьким рівнем викидів.
<i>Антоніу Гутерріш, Генеральний секретар ООН [240]</i>	Кліматично-нейтральна економіка – це економічна система, що не впливає негативно на клімат, забезпечуючи стійкий розвиток та захист навколишнього середовища.
<i>Урсула фон дер Ляєн, Президентка Європейської Комісії [410]</i>	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.

Джерело: сформовано автором

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 суспільний наратив кліматично нейтрального розвитку на рівні світових політик та формування громадської думки.

У напрямку дослідження кліматичної нейтральності слід зазначити фундаментальні наукові праці українських науковців: Гайдуцького І., який одним з перших розглянув інструменти мотивації низьковуглецевого розвитку на глобальному та державному рівнях [26] та окреслив канву державної політики у цьому напрямку [25]; Резнікової Н., яка представила досягнення кліматичної нейтральності в контексті інституціоналізації кліматичної боротьби та її соціально-економічних ефектів [379], світової незалежності [382]; Брича В., Борисяк О., що акцентують увагу на низьковуглецевих стратегіях забезпечення кліматичної нейтральності сучасного бізнесу [21].

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 Зоу С., 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» [438].

Більш ранні публікації на теми низьковуглецевої економіки [487, 181] 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 викопного 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.

Водночас, «кліматична нейтральність», може бути розглянута у широкому дискурсі взаємопосилення із циркулярною економікою, біоекономікою та новими концептуальними напрямками, що можуть з'явитися у майбутньому.

У науковому дискурсі останніх років зростає кроссекторальність досліджень у таких поєднаннях [99, 368, 219, 241, 412, 423, 453, 411, 336]: «кліматично-нейтральна циркулярна економіка», «кліматично-нейтральна

біоекономіка» «циркулярна біоекономіка», «циркулярна блакитна біоекономіка» тощо (табл. 1.3).

Таблиця 1.3

Кліматично-нейтральна економіка в системі понять

Назва	Трактування	Ключовий фокус в контексті результатів
1	2	3
Кліматично-нейтральна економіка [160, 494]	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	Зниження викидів вуглецю для досягнення «чистого нуля», декарбонізація, мінімізація впливу на клімат
Біоекономіка [358]	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	Використання відновлюваних біологічних ресурсів для стійкого розвитку
Циркулярна економіка [335]	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 'взьми, зроби, викинь'	Ефективне використання ресурсів по всіх ланках глобальних ланцюгів та мінімізація відходів
Блакитна економіка [405]	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.	Стале управління океанами та морськими ресурсами

Джерело: Сформовано автором на основі джерел [160, 494, 358, 335, 405].

Зазначені концепти формують канву запитів сучасного суспільства на сталість у різних аспектах розвитку, привертаючи увагу науковців.

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

По-перше, кліматична нейтральність 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. Зазначимо, що питання біоекономіки все більше набирає обертів у науковому дискурсі. Дослідження Мельника Л., Кубатко О., Федина С. [324] акцентує увагу не тільки на стратегічно важливій ролі біоресурсів, але і їх значенні в реалізації низьковуглецевих і циркулярних практик.

По-друге, 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. Така синергія циркулярності та кліматичної нейтральності знайшла відображення в окремій концепції «циркулярного кліматично-нейтрального суспільства», яку представили Бос Х., Йонгшап Р. [99]. Водночас, ці дослідники зазначають, що деякі механізми рециклінгу дуже енергоємні - це особливо стосується вторинної переробки скла, пластику, застарілого механічного обладнання та інквінації. Відтак, важливо враховувати принципи кліматичної нейтральності задля максимального забезпечення принципів низьковуглецевої переробки. У напрямку розвитку циркулярної економіки необхідно акцентувати увагу на наукових доробках науковців Зварич І. [33], Зварича Р. [34], Орехової Т. [64], Швиданенко О. [79]. Аналіз зазначених досліджень вказує на важливість та перспективність дослідження кліматичної нейтральності в контексті циркулярних практик.

По-третє, 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. У цьому напрямку варто зазначити дослідження Шубалого О.М., що пропонує новий погляд на оптимізацію використання ресурсів у регіонах [78].

Зазначимо, що 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.

Нині можна виділити ключові детермінанти моделей розвитку кліматично-нейтральної економіки на глобальному рівні, що були запропоновані різними науковими школами (рис. 1.2).



Рис. 1.2. Комбінації чинників розвитку кліматично-нейтральної економіки, узагальнені з наукових досліджень

Джерело: сформовано автором на основі аналізу наукових досліджень з Додатку А

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.

Аналіз наукових праць і відповідних комбінацій чинників (рис. 1.1) дозволяє узагальнити деякі напрямки розвитку кліматично-нейтральної економіки:

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 [160, 141, 84]. 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 проєкти.

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 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. Саме вони відіграють важливу роль у формуванні канви кліматично-нейтральної економіки та мають трансформувати свої поведінкові моделі відповідно до завдань і напрямків глобальної декарбонізації (рис. 1.3).



Рис. 1.3. Економічні суб'єкти в системі кліматично-нейтральної економіки

Джерело: сформовано автором

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.

Водночас, 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 — це системне бачення, яке охоплює як глобальні, так і локальні аспекти, а також забезпечення максимального залучення міжнародних акторів до реалізації стратегій досягнення «нульових викидів». Ця мета має виходити за межі суто економічних показників і враховувати більш широку перспективу — збереження планети для майбутніх поколінь, захист екосистем, біорізноманіття та забезпечення сталого розвитку суспільства. Кліматична нейтральність повинна розглядатися не лише як технічна чи економічна трансформація, але як етична відповідальність міжнародної спільноти перед довкіллям і людством.

У свою чергу, це потребує дотримання певних принципів. Їх перелік запропоновано на схемі (рис. 1.4).



Рис. 1.4. Принципи досягнення кліматичної нейтральної світової економіки

Джерело: сформовано автором

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 [198]. 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 [446].

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 [126].

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 [424].

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 [169].

З початку цього століття, Міжурядова група експертів зі зміни клімату активно застосовує методологію атрибуції екстремальних погодних подій для комплексного аналізу наслідків зміни клімату. У П'ятій та Шостій оціночних доповідях МГЕЗК особливу увагу зосереджено на проблематиці дедалі частішої появи таких екстремальних природних явищ, як посухи, повені та морські теплові хвилі. Ці явища прямо пов'язують із антропогенним впливом, спричиненим інтенсивною індустріальною діяльністю людства. [262, 263].

На сьогодні результати оцінювання наслідків зміни клімату широко використовуються для визначення економічних збитків, а також активно обговорюються на міжнародному рівні.

У 2023 році І. Ной та Р. Ньюман оприлюднили результати багаторічного дослідження, спрямованого на оцінку впливу антропогенних змін клімату на світову економіку [345]. У ході роботи авторам вдалося ідентифікувати 185 екстремальних погодних подій антропогенного походження, що відбулися за

останні 20 років, та співвіднести їх з економічними втратами. Сукупні збитки світової економіки за цей період склали 2,8 трлн доларів США, що в середньому становить 143 млрд доларів на рік.

Особливо тривожним є той факт, що понад 60% цих подій супроводжувалися не лише матеріальними втратами, але й людськими жертвами. Згідно з прогнозами альтернативних досліджень, до 2050 року глобальні економічні втрати, спричинені зміною клімату, можуть додатково сягнути від 1,7 до 3,1 трлн доларів [136, 146]. Таким чином, вартість забезпечення кліматичної безпеки для людства продовжує зростати, стаючи дедалі більш загрозливою. Протягом останніх десятиліть економічні втрати ЄС, спричинені наслідками зміни клімату, демонстрували значну варіативність, коливаючись у межах від 3 до 59 млрд євро щорічно (рис. 1.5).

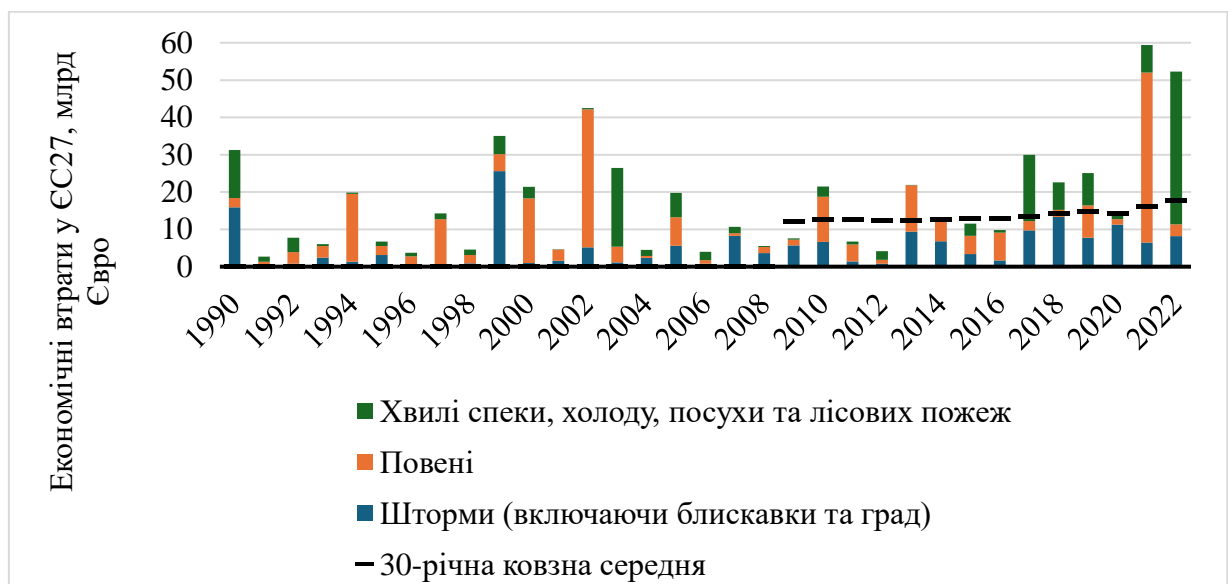


Рис. 1.5. Прямі втрати економіки ЄС від наслідків зміни клімату

Джерело: сформовано на основі відкритої бази даних [420]

Окрім зростання загального обсягу економічних втрат, зазнала змін і їх структура. Зокрема, в останні роки суттєво зросла частка впливу теплових хвиль, посух та пожеж, які стали ключовими чинниками значних збитків для економіки Європейського Союзу.

Слід зазначити, що наведені економічні оцінки охоплюють переважно прямі економічні втрати, спричинені наслідками зміни клімату, які виникають

безпосередньо під час певної події. Такі втрати відносно легко зафіксувати на національному та місцевому рівнях завдяки існуючим методологіям оцінювання збитків від екстремальних погодних явищ. Це дозволяє чітко розмежовувати різні види втрат, зокрема пошкодження власності через зруйноване житло, руйнування доріг та інфраструктури, а також втрати врожаю тощо [179].

Однак, для повного розуміння масштабів кліматичної кризи та її впливу на світову економіку необхідно враховувати також ланцюжки непрямих економічних збитків, що є важливими для встановлення відповідальності та розробки адаптаційних стратегій. До таких збитків належать [161, 260, 189]:

- зниження економічної доданої вартості внаслідок прямих збитків;
- втрата доходів місцевого бізнесу;
- мезоекономічні наслідки на постраждалих територіях, зокрема тимчасове безробіття, вплив на туристичну галузь, зміни у сільськогосподарських практиках, зупинка виробництв;
- порушення у ланцюгах постачання тощо.

Зазначені непрямі економічні збитки часто поширюються далеко за межі постраждалої території, охоплюючи не лише інші регіони, але й цілі країни. Окрім цього, вони можуть проявлятися з істотним часовим лагом, що ускладнює їх кількісну оцінку на рівні світових регіонів, окремих національних економік та глобальних галузей.

У звіті Національного бюро економічних досліджень США [249] науковці висловлюють сумніви щодо реалістичності своєчасного та ефективного стримування кліматичних змін шляхом обмеження зростання глобальної температури на 1,5°C, як це передбачено Паризькою угодою. Натомість, дослідники прогнозують підвищення температури щонайменше на 3°C до кінця XXI століття, що обумовлено стійкою залежністю світової економіки від використання викопного палива. У своєму подальшому дослідженні автори звіту звертають увагу на потенційні наслідки цієї тенденції, підкреслюючи, що вона може спричинити «різке скорочення обсягів виробництва, капіталу та споживання, яке перевищить 50% до 2100 року» [117].

Тривалий розвиток кліматичної кризи зумовив виникнення надзвичайно багатовекторних наслідків, які нині проявляються в усіх секторах світової економіки. Ці наслідки вимагають більшої консолідації та координації міжнародних дій для ефективного протистояння глобальним викликам.

Аналіз сучасних наукових праць дає змогу виокремити кілька основних сфер впливу зміни клімату на рівні світової економіки (рис. 1.6).

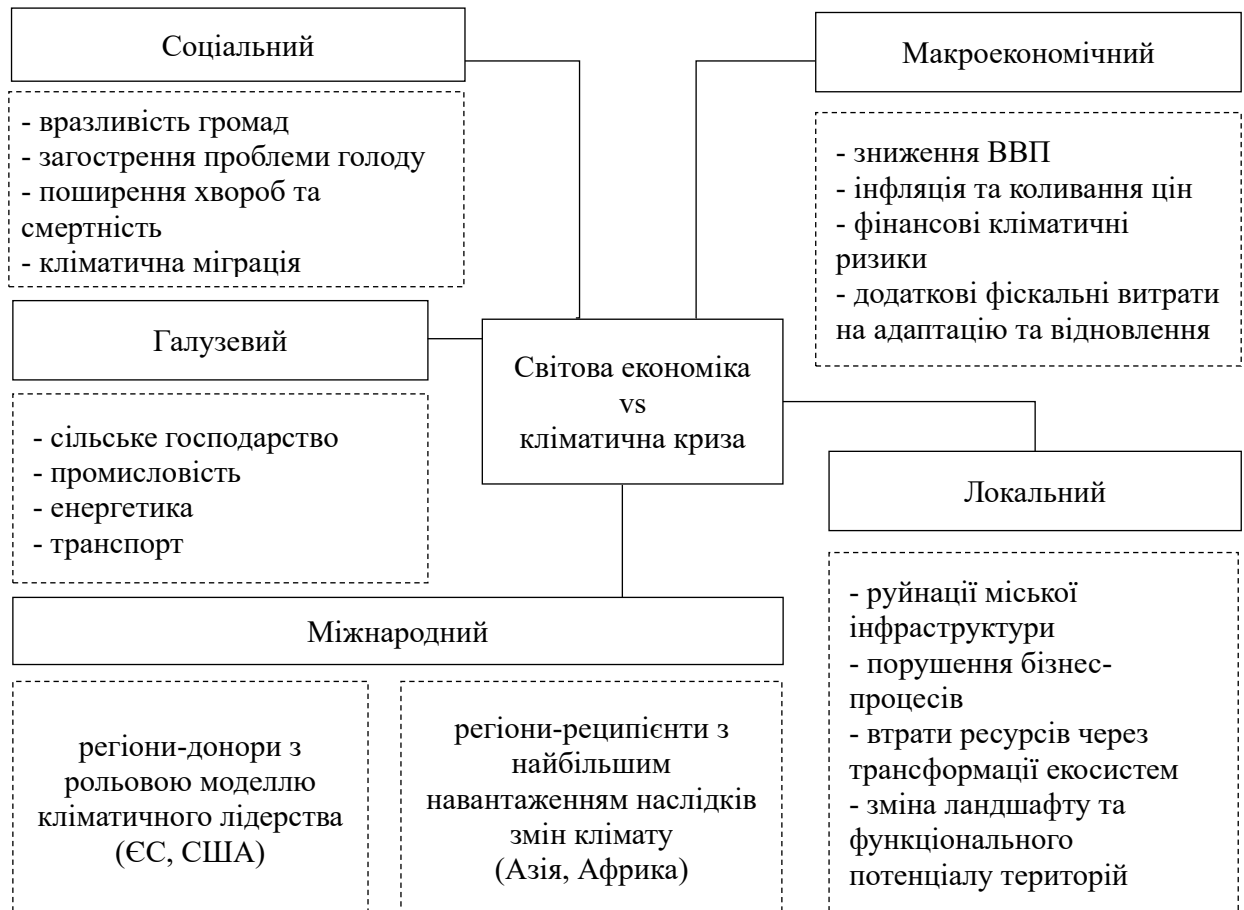


Рис. 1.6 Рівні впливу наслідків зміни клімату на світову економіку

Джерело: сформовано автором

На галузевому рівні світової економіки вплив зміни клімату проявляється, насамперед, у необхідності адаптації індустрій до змінних кліматичних умов і пом'якшення їх негативних наслідків. Це включає трансформацію виробничих стратегій у напрямі низьковуглецевих моделей, підвищення стійкості до екстремальних погодних явищ, оптимізацію та реорганізацію систем ресурсного забезпечення та інші заходи, спрямовані на забезпечення

стабільності й ефективності господарської діяльності в умовах кліматичних викликів.

Найбільш стрімкий і руйнівний вплив наслідків зміни клімату спостерігається в аграрній галузі світової економіки. Основними ризиками є зростання частоти посух і повеней унаслідок підвищення глобальної температури, що негативно позначається на сільськогосподарському виробництві [316]. Зміна кліматичних умов уже нині спричиняє поступове зміщення посівних сезонів, ускладнюючи планування агротехнічних робіт і збирання врожаю [467]. Прогнозується суттєве зниження врожайності основних культур до кінця століття: пшениці — на 20–45%, кукурудзи — на 5–50%, рису — на 20–30%. Це спричинить зростання цін на ці продукти на глобальних ринках, адже близько 25% світових земель уже зазнали деградації через кліматичні зміни, що впливає на життя 1,5 мільярда людей [105]. Багаторічне дослідження австрійських науковців [229] демонструє, що без імплементації адаптаційних заходів на глобальному рівні кількість людей, які страждають від недоїдання, може зрости до 73 мільйонів до 2050 року. Ці дані підкреслюють необхідність термінових змін у сільськогосподарській політиці та кліматичному регулюванні, впровадження адаптивних стратегій для забезпечення продовольчої безпеки.

Світова промисловість зазнає значних втрат унаслідок екстремальних погодних явищ, спричинених зміною клімату. Масштабне дослідження, проведене китайськими науковцями [296], виявило численні порушення бізнес-процесів у більшості галузей через кліматичні зміни в різних регіонах. Водночас, саме промисловий сектор залишається одним із найбільших джерел вуглецевих викидів. За останні три десятиліття обсяги викидів CO₂, спричинені світовою промисловістю, зросли на 32%. У разі відсутності ефективного кліматичного регулювання вони можуть подвоїтися до 2050 року [422]. У цих умовах важливо впроваджувати системні заходи, спрямовані на зниження вуглецевої інтенсивності промислових процесів та підтримку кліматичної нейтральності.

Наслідки зміни клімату набувають дедалі більшого крос-секторального характеру для світової економіки, комплексно впливаючи на індустріальні кластери. Дослідження американських учених [320] свідчить, що наразі не існує регіонів, здатних уникнути впливу кліматичної кризи. Однією з найбільших загроз для економіки є те, що зміни клімату одночасно зачіпають кілька ключових галузей у межах одного регіону, провокуючи значні економічні втрати та виснаження ресурсів. На прикладі Сполучених Штатів дослідники показали, що кліматична криза практично завжди зачіпає кілька взаємопов'язаних галузей у різних комбінаціях, таких як сільське господарство, туризм, транспорт, будівництво та промисловість. Вплив змін клімату на ці галузі супроводжується цілою низкою негативних наслідків для економіки, зокрема зниженням продуктивності праці, збільшенням масштабів міграції, підвищенням рівня смертності через екстремальні температури та значними втратами власності й інфраструктури. Така багатовекторність наслідків ускладнює прогнозування їх впливу та створює нові виклики для економічного планування, вимагаючи розробки інтегрованих стратегій для зменшення вразливості регіональних економік до кліматичних ризиків.

Варто підкреслити, що локальний рівень є не менш значущим відносно впливу зміни клімату на економіку. Він проявляється через руйнування міського середовища, зростання вразливості місцевих громад та неспроможність бізнесу своєчасно адаптувати свою діяльність до нових кліматичних умов. Фрагментарні наслідки дедалі частіше набувають системного характеру. Зокрема, за останні десятиліття вплив змін клімату значно посилив навантаження на міську інфраструктуру, насамперед на системи водопостачання та водовідведення, через підвищення рівня моря та частіші повені [417]. Одночасно, підвищення середньорічної температури спричинило непередбачуване зростання попиту на енергію для охолодження, що перевантажує міські енергомережі [161]. До цього слід додати низку соціальних наслідків кліматичних змін, зокрема поширення захворювань, викликаних зростанням популяцій комах-переносників інфекцій, внутрішню міграцію, трансформацію структури зайнятості та загальне погіршення умов

життя у громадах [395]. Такі виклики вимагають негайного впровадження комплексних рішень для зменшення вразливості місцевих економік і підвищення стійкості громад до змін клімату.

Зрештою, кумулятивний ефект зазначених проявів зміни клімату проявляється на макроекономічному рівні. Наукові дослідження останніх років підтверджують, що кліматичні зміни мають суттєвий вплив на глобальне економічне зростання. Зокрема, результати роботи французьких учених [161] свідчать, що до 2060 року світова економіка щорічно втрачатиме від 1,1% до 3,3% ВВП. Основними причинами таких втрат є зниження врожайності, руйнування інфраструктури через природні катаклізми та наслідки підвищення рівня моря. Найбільші економічні втрати прогнозуються в Африці та Азії. Ці регіони є найбільш вразливими до кліматичних змін через низький рівень адаптаційної спроможності та потребують комплексних стратегій.

Зміни клімату також мають причинно-наслідковий зв'язок зі стабільністю світової фінансової системи. Використовуючи макроекономічні моделі та сценарний аналіз, італійські вчені висунули цікаву гіпотезу щодо впливу кліматичних змін на фінансовий і банківський сектор [288]. Результати моделювання продемонстрували, що кліматичні зміни збільшують імовірність виникнення банківських криз у межах 26–248%. При цьому державна підтримка для стабілізації таких неплатоспроможних фінансових інституцій створює значний фіскальний тягар, який може становити приблизно 5–15% ВВП щорічно. Альтернативні дослідження [185, 333] наголошують на проблемі недостатньої оцінки кліматичних ризиків з боку фінансових і банківських установ як на міжнародному, так і на державному рівнях, а також у портфелях інвесторів. У цьому контексті імплементація кліматичних політик розглядається як важливий інструмент для забезпечення фінансової стабільності та стимулювання зелених інвестицій [185]. Зокрема, зелене фінансування набуває дедалі більшого значення, відіграючи ключову роль у мітигації наслідків зміни клімату і підтримці переходу до кліматично-нейтральної економіки [371].

Питання впливу змін клімату на міжнародну торгівлю залишається предметом активних дискусій, оскільки екстремальні погодні явища здебільшого створюють значні перешкоди для забезпечення постачання критично важливих експортних товарів на глобальному рівні. Водночас, цей вплив не є однозначно негативним. Показовим прикладом є розширення доступності Північного морського шляху для міжнародних торговельних маршрутів завдяки таненню арктичного льоду [161].

У цьому контексті професор М. Алкуда у своєму дослідженні пропонує концепцію конфлікту між глобальними зеленими ініціативами та торговельними політиками [95]. Відповідно до його теорії, світова економіка перебуває у стані напруженого протистояння між екологічними політиками, орієнтованими на скорочення викидів парникових газів, і міжнародними торговельними угодами, які надають перевагу зростанню обсягів товарообігу без належного врахування екологічних аспектів продукції, зокрема її вуглецевого сліду. Хоча угоди, такі як ГАТТ і УТБТ, містять певні елементи зеленої політики, професор Алкуда підкреслює ризик виникнення явища «вуглецевої міграції», коли вуглецемісткі виробництва переміщуються до країн, що розвиваються. Це явище обумовлене жорстким посиленням екологічних стандартів у розвинених державах, таких як США та країни ЄС. Унаслідок цього зростає ймовірність перенесення виробничих процесів із високим рівнем викидів до регіонів із менш суворим або взагалі відсутнім рівнем кліматичного регулювання. Відтак, формування дійсно інтегрованих політик, які б підтримували глобальну диджиталізацію та перехід до кліматично-нейтральної економіки, вимагає подальших зусиль та міжнародного співробітництва.

Зазначимо, що роль світової торгівлі у контексті зміни клімату виходить за межі економічного впливу, охоплюючи також вирішення соціальних викликів. Як свідчать результати багаторічного дослідження австрійських учених [229], міжнародні торговельні процеси відіграють ключову роль у подоланні проблеми голоду, яка загострюється через жорсткі наслідки кліматичних змін у регіонах, залежних від імпорту продовольства. Зокрема,

зниження торговельних тарифів, усунення інституційних бар'єрів та підтримка локальних фермерів у постраждалих регіонах можуть зменшити кількість людей, які страждають від недоїдання, на 65%. Крім того, важливою функцією світової торгівлі є стимулювання розвитку та поширення зелених технологій. Експорто-імпортні операції у цій сфері, а також міжнародний трансфер екологічних інновацій, передбачений положеннями зелених угод, сприяють досягненню кліматичної нейтральності [272].

Світова торгівля також розглядається науковцями як перспективна сфера для впровадження економічних торговельних санкцій проти країн, які не дотримуються міжнародних кліматичних зобов'язань щодо скорочення викидів парникових газів. Результати дослідження, проведеного колективом німецьких учених [243], демонструють, що запровадження таких «зелених» торговельних санкцій може стати ефективним інструментом стимулювання міжнародної співпраці у сфері пом'якшення наслідків зміни клімату. Водночас успішна реалізація цієї стратегії можлива лише за умови створення широких коаліцій держав, здатних забезпечити достатню економічну вагу та політичну узгодженість для підтримки санкційних механізмів.

На міжнародному рівні зміна клімату зумовлює появу додаткових викликів геополітичного, безпекового та соціокультурного характеру. Одним із ключових ризиків є загострення конфліктів між країнами через обмежений доступ до водних і земельних ресурсів. Яскравим прикладом є ескалація напруженості в країнах Близького Сходу та Африки, які спільно використовують водні басейни [282]. Посилення посух, викликаних інтенсифікацією змін клімату, значно ускладнює доступ до води, провокуючи суперечки та конфлікти. Ще одним важливим викликом є необхідність створення ефективних регуляторних рамок для управління кліматичною міграцією. Дослідження науковців [206, 329] показали, що кліматична міграція має впливає на світову економіку досить комплексно. Вона спричиняє реструктуризацію ринків праці, змінює баланс попиту та пропозиції робочої сили в різних регіонах, а також створює соціальні виклики, пов'язані з реінтеграцією кліматичних біженців у новому контексті та їх подальшою асиміляцією.

Аналіз спектру впливів зміни клімату на світову економіку чітко засвідчує необхідність невідкладного пошуку дієвих механізмів запобігання кліматичній кризі та пом'якшення її наслідків. Антропогенна природа цих змін безпосередньо пов'язана з теорією глобального потепління, яка висвітлює проблему надмірної емісії парникових газів сучасною індустрією [263]. Основними чинниками цього процесу є викиди CO₂, а також інших парникових газів, таких як метан і закис азоту, які потрапляють в атмосферу здебільшого внаслідок спалення викопного палива під час виробничої діяльності різних суб'єктів економіки. Ці показники є ключовими метриками для оцінки впливу світової господарської системи на посилення кліматичних викликів, що робить їх основою для моніторингу та розробки стратегій переходу до кліматично-нейтральної економіки.

На рівні світової економіки викиди парникових газів продовжують демонструвати стійку тенденцію до зростання. У 2023 році загальний обсяг викидів, спричинених діяльністю світової економіки, досяг 54,85 млрд тонн вуглецю, що на 65% перевищує рівень 1990 року. Саме цей рік часто використовується як базова точка для оцінки прогресу у декарбонізації економіки, аналізу темпів скорочення викидів та визначення національних внесків у досягнення кліматичних цілей. Попри те, що країни Європейського Союзу змогли скоротити викиди на 31% порівняно з 1990 роком, досягнувши рівня 3,4 млрд тонн вуглецю, загальні глобальні обсяги CO₂ продовжують зростати. Це свідчить про складність досягнення кліматичної нейтральності на глобальному рівні, зокрема через нерівномірність реалізації кліматичних політик у різних регіонах світу. З урахуванням такого зростання, «соціальна вартість вуглецю» може перевищити 1000 доларів США за метричну тонну викидів, що значно перевершує поточний діапазон оцінок, який становить від 51 до 190 доларів США за метричну тонну [444]. Таке зростання створює серйозний фінансовий тиск, особливо на країни, що розвиваються. Це, зокрема, пов'язано з потенційним підвищенням вартості енергії, що може ще більше ускладнити адаптацію економік цих країн до кліматичних викликів. Основна частка глобальних промислових викидів традиційно утворюється

внаслідок спалювання викопного палива для енергогенерації. Відтак, зниження викидів у відповідних секторах, поряд із запровадженням адаптивних заходів, матиме значний позитивний ефект для світової економіки та суспільства в цілому [320]. Цей процес вимагає не лише впровадження технологічних інновацій, але й глибокої диджиталізації ключових секторів економіки, що забезпечить прискорений перехід до кліматично-нейтральної економіки.

Зниження викидів є ключовим та невід’ємним напрямом у подоланні кліматичної кризи. У цьому контексті заслуговують на увагу сценарії RCP (Representative Concentration Pathways), які описують можливі майбутні зміни концентрацій парникових газів в атмосфері. Ці сценарії були розроблені та схвалені міжнародними дослідницькими групами в межах П’ятої оціночної доповіді Міжурядової групи експертів із питань змін клімату (IPCC) [262].

На сьогодні чотири основні RCP-сценарії залишаються актуальними для моделювання кліматичних змін. Їх реалізація значною мірою залежить від обраних напрямів та пріоритетів розвитку світової економіки (табл. 1.4).

Таблиця 1.4.

RCP-сценарії в контексті переходу світової економіки до кліматичної нейтральності

RCP-сценарій	Суть (технічно - стабілізація радіаційного примусу Землі до 2100 р.)	Необхідне скорочення викидів	Супровідні ефекти для економіки
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
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

1	2	3	4
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 автором на основі [211, 373, 372]

Розглянуті сценарії відображають різні темпи декарбонізації світової економіки. Водночас, Європейський Союз надає перевагу більш амбітним підходам, спрямованим на досягнення суттєвих скорочень викидів у більш стислий часовий проміжок.

Для світової економіки найбільш сприятливим є сценарій RCP2.6, який передбачає досягнення значного прогресу у декарбонізації. Однак його реалізація вимагає впровадження концепції «від'ємних викидів». Це означає, що світова індустрія повинна не лише максимально скоротити обсяги вуглецевих викидів, але й забезпечити ефективне поглинання парникових газів за допомогою сучасних технологій секвестрації, таких як BECCS (біоенергетика з уловлюванням та зберіганням вуглецю) [221]. Зазначимо, що успішність цього сценарію значною мірою залежить від здатності світової економіки консолідувати зусилля суб'єктів господарювання. Окрім цього, важливим фактором є наявність достатнього інноваційного та технологічного потенціалу для широкомасштабного впровадження таких систем.

Сценарій RCP4.5 базується переважно на зеленій трансформації промисловості, яка передбачає значні інвестиції у низьковуглецеві технології та поступове скорочення викидів. Водночас сценарії RCP6.0 і RCP8.5 відображають ситуацію, за якої зусиль для скорочення викидів недостатньо для подолання кліматичної кризи. Основними причинами цього є слабкі

кліматичні політики, недостатня імплементація міжнародних угод і ігнорування глобальних кліматичних зобов'язань, передусім потужними індустріальними країнами.

Спираючись на ці сценарії, наукове дослідження колективу австрійських вчених показало, що до 2050 року найбільші втрати світової економіки будуть пов'язані зі значним падінням продуктивності праці. Згідно з прогнозами найбільш негативного впливу зазнають країни Південно-Східної Азії та Близького Сходу: у рамках сценарію RCP4.5 цей показник може знизитися до 31%, а за сценарієм RCP8.5 — до 38% [81].

Наведені у підрозділі міркування підкреслюють важливість системного підходу до досягнення кліматично-нейтральної економіки, де ключовими є ефективне використання ресурсів, технологічні інновації, соціальна відповідальність, чітка політика та збереження планети для майбутніх поколінь, що вважаємо провідною місією досягнення кліматичної нейтральності.

Відтак, пропонуємо уточнення поняття кліматичної нейтральності світової економіки як базового орієнтиру розвитку світової системи господарювання, що передбачає досягнення балансу в системі зниження-ліквідації-компенсації вуглецевого сліду світової економіки, спирається на мультилатеральне залучення міжнародних суб'єктів та гарантує збереження клімату на прийнятному рівні для всіх поколінь.

Практична реалізація розглянутих у підрозділі концептуальних елементів кліматично-нейтральної економіки — важливе і складне 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.

1.2. Візія диджиталізації як рушійної сили 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 у сучасному суспільстві зумовлено зростанням загальної лояльності до концепції «digital» та численними «цифровими дивідендами», які отримують економічні суб'єкти. Диджиталізація світової індустрії забезпечує низку беззаперечних переваг, зокрема [366, 360, 112]:

- підвищення продуктивності праці та зміцнення конкурентоспроможності підприємств як на локальних ринках, так і в глобальному масштабі;
- зменшення поточних витрат у процесі виробництва;
- створення інноваційних продуктів і відкриття нових робочих місць;
- розширення можливостей для задоволення різноманітних потреб споживачів у різних сегментах ринку.

У сучасному науковому дискурсі цифрова трансформація розглядається як потужна епістемологічна зміна, що впливає на способи розуміння та опису світу [302]. Технології цифрової ери мають значний зворотний вплив на науково-технічні та соціально-економічні структури суспільства, набуваючи самодостатнього значення та автономії [466].

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. 1.5)

Таблиця 1.5.

Систематизовані визначення диджиталізації, диджитизації та цифрової трансформації в контексті економіки

Автор	Визначення
1	2
<i>Диджитизація</i>	
<i>Деккати С. та ін. [159], Блумберг [120]</i>	Диджитизація — процес оцифрування, перетворення певних даних із аналогового формату в цифровий.
<i>Диджиталізація</i>	
<i>Войцех В. [468]</i>	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.
<i>Петрузеллі І. [366]</i>	Диджиталізація — інтеграція цифрових технологій для покращення ефективності, збільшення доходів або створення вартості.
<i>Рідл Р. та ін. [351]</i>	Диджиталізація — процес упровадження цифрових технологій, що передусім спричиняє зміни крізь призму ІТ.
<i>Звіт Deloitte [174]</i>	Диджиталізація — міст між «сьогодні» та «завтра». Процес використання цифрових технологій для зміни бізнес-моделей і створення нових можливостей для доходів та цінності.
<i>Врана Дж., Сінгх Р. [471]</i>	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.
<i>Звіт PwC [112]</i>	Диджиталізація, так само як цифрова трансформація — використання цифрових технологій для створення нових бізнес-моделей зміни існуючих культур та клієнтського досвіду
<i>Цифрова трансформація</i>	
<i>Врана Дж., Сінгх Р. [471]</i>	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.
<i>Мазе П. та ін. [360] Звіт Deloitte [174]</i>	Цифрова трансформація — комплексний процес переосмислення та переоснащення організаційних процесів, структур та моделей бізнесу на основі цифрових технологій.
<i>Звіт McKinsey [172]</i>	Цифрова трансформація — перетворення, що змінює спосіб функціонування організації, з метою створення цінності через безперервне розгортання технологій у великих масштабах.

1	2
<i>Грей Дж., Румп Б.</i> [235]	Цифрова трансформація — важливий тренд, що проникає у різні промислові та суспільні домени, охоплюючи безліч форм інновацій, включаючи оптимізацію, автоматизацію та різні технологічні зміни.
<i>Гонг К., Ріб'єр В.</i> [233]	Цифрова трансформація — стратегічний процес упровадження цифрових технологій з метою створення значних бізнес-покращень

Джерело: сформовано автором

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» [233].

Такий підхід дозволяє розрізняти цифрову трансформацію від диджиталізації (процесу оцифрування аналогових даних) та диджиталізації (процесу впровадження цифрових технологій для покращення результативності та ефективності існуючих процесів). Отже, диджиталізація вважається підпроцесом диджиталізації, а процес диджиталізації — фундаментальний технократичний драйвер цифрової трансформації [471].

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

Варто підкреслити, що 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 індустріальної 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 [246].

Варто підкреслити, що диджиталізація тісно пов'язана з технологічним прогресом та, відповідно, технологізацією суспільства. Питання технологічних фронтирів світової економіки піднято в роботах Петкової Л., Загоруйко І. [363, 488], що окреслюють важливу роль технологічної ефективності, інформатизації та продуктивності національних економік у боротьбі за технологічний прогрес. Ці аспекти важливі для розуміння потенціалу розвитку диджиталізації.

Як показують результати досліджень, цифрова трансформація має слугувати реалізації цілей сталого розвитку, адже окремі цифрові технології, такі як штучний інтелект та великі дані, значно просунулись у цьому напрямку [18, 20, 28].

У сучасному дискурсі цифрова трансформація також розглядається у ширшому дискурсі на засадах креативності, що спрямована на підтримку сталого розвитку. Вона виступає каталізатором інноваційності в межах тріади «екологія – економіка – соціальна сфера» через стимулювання новаторської діяльності, інвестування в розвиток людського капіталу, підтримку високотехнологічних секторів економіки та сприяння підвищенню енергоефективності [38].

Особливу увагу привертає синергія між цифровою та зеленою трансформацією, яка сприяє сталому розвитку [380]. Дедалі частіше стає ключовим акцентом у національних стратегіях і політиках цифрової трансформації в різних країнах світу.

Протягом останнього десятиліття можна виділити такі приклади:

- Національний стратегічний план США з розвитку розумного виробництва [82];
- Британський форсайт-проект майбутнього індустрії [458]. Цей форсайт закладено як базис національної стратегії кліматично-нейтрального суспільства;
- План Німеччини з розвитку Індустрії 4.0 [271];
- Китайська програма диджиталізації «Зроблено в Китаї 2025» [294];
- Цифровий компас ЄС 2030 [200], що є ініціативою Європейської Комісії, зокрема щодо реалізації «цифрового десятиліття» в Європі та інші.

У вказаних документах основний акцент зроблено на подоланні викликів цифрової трансформації індустрії, зокрема в контексті впровадження технологій розумного виробництва. Відповідно, диджиталізація має сприяти покращенню добробуту суспільства, насамперед забезпечуючи досягнення кліматичної сталості економіки.

Світова наукова спільнота та представництва міжнародних організацій наголошують на необхідності гармонійного розвитку цифрових можливостей у поєднанні із завданнями кліматичного регулювання та екологічними ініціативами. Так, у ґрунтовній доповіді Німецької консультативної ради з глобальних змін підкреслено, що глобальна політика диджиталізації повинна орієнтуватися на підтримку масштабної трансформації світу у напрямку сталого розвитку. Вона має слугувати важелем для вирішення актуальних кліматичних проблем, сприяючи ефективному використанню технологій для збереження планети [449].

Спираючись на попередні стратегії Європейського Союзу, зокрема Європейський Зелений Курс, було визначено стратегічний напрямок розвитку економіки ЄС, орієнтований на досягнення кліматичної нейтральності. Зокрема, у Новій індустріальній стратегії для Європи до 2050 року зазначено, що «Європа розпочинає перехід до кліматичної нейтральності та цифрового лідерства... Такий подвійний зелений і цифровий перехід вплине на всі аспекти економіки, суспільства і промисловості» [273]. Реалізація подібних стратегій вимагає потужного технологічного супроводу, розвитку інновацій і залучення

сучасних інвестиційних механізмів. Це сприятиме створенню принципово нових продуктів, переосмисленню існуючих бізнес-моделей та трансформації ринків [354].

Важливим завданням є також гармонізація політик та стандартів регулювання процесів переходу до кліматично нейтральної економіки ЄС разом з іншими країнами учасницями енергетичного ринку [72].

Сучасні виклики вимагають розробки ефективного механізму інтеграції екологічно орієнтованих політик і провідних міжнародних практик у діяльність національних індустрій та окремих агломерацій. Наразі диджиталізація здебільшого сприймається як інструмент оптимізації виробничих процесів і зростання корпоративного прибутку. Проте такий підхід не відповідає вимогам переходу до кліматичної нейтральності, який потребує трансформаційних змін у стратегічному баченні її ролі.

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 зосереджується на аналізі екологічних наслідків індустріальної експансії в контексті принципів сталого розвитку. Доречно зазначити наукові праці М. Велдена [463], К. Генша, І. Гелберга [224], С. Канкеля, Д. Тіфельда [285], Б. Косовича [38], А. Ніньєролі [346], Л. Фільхо, П. Янга [163] та інших. У них питання клімату розглядаються як один з ключових глобальних викликів, зокрема у межах Цілей Сталого Розвитку ЦСР№13 «Вжити невідкладних заходів для боротьби зі зміною клімату», а диджиталізація визнається світовим трендом, що має враховуватися при розробці стратегій подолання екологічних проблем. Науковці наголошують на відсутності чітких дорожніх карт для досягнення цієї цілі в контексті окремих секторів економіки. Крім того, відзначається недостатність критеріїв оцінювання для визначення «допустимих меж» кліматичного впливу, що є необхідним для сталого функціонування світової індустрії.

Другий напрям наукової думки спрямовано на дослідження питань становлення та розвитку «розумної» індустрії за «зеленими» критеріями. 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 [37], В. Чалої [74], О. Гальцової, О. Трохімець [28], Н. Датч-Брауна, Ф. Розетті [183], Х. Кагермана, В. Вахльстера [271], К. Марзі [338], Д. Меснера [449], Н. Ханни [246] та інших.

Аналіз наукових джерел засвідчив недостатність концептуального «семантичного містка» для пояснення значущості диджиталізації у мінімізації кліматичних наслідків та запобіганні їм шляхом досягнення кліматичної нейтральності світової економіки. У цьому контексті особливої уваги заслуговує дослідження, виконане німецькими науковцями [150]. Вони показали, що попри загальний наратив щодо необхідності нероздільного розвитку цифрових технологій та кліматичних ініціатив, спостерігається суттєвий поняттєво-категоріальний розрив у трактуванні потенціалу диджиталізації та її інструментів у контексті розв'язання завдань, пов'язаних із досягненням кліматичної нейтральності.

Диджиталізація глобальних індустрій передбачає масштабне застосування інформаційних технологій та цифрових систем, таких як автоматизоване проектування, комп'ютерне моделювання, промисловий інтернет речей, аналітика великих даних та інші інноваційні рішення. За останні роки зазначені цифрові технології досягли такого рівня розвитку, що сформували окремий ринок цифрової індустрії, який демонструє стрімке зростання [355]. Прогнози вказують, що у найближчі 8–10 років капіталізація світового ринку цифрового виробництва зросте щонайменше у п'ять разів — з 276,5 млрд доларів до 1,37 трлн доларів до 2030 року [338]. Найшвидші темпи зростання спостерігаються в секторах індустріального машинобудування, автоматизації та електроніки, які є ключовими для забезпечення виробничих процесів у багатьох галузях. З одного боку, таке динамічне зростання пояснюється активним впровадженням

досягнень технологічного прогресу в масове виробництво, з іншого — значними можливостями, які відкриває диджиталізація для міжнародного бізнесу. Ці можливості охоплюють оптимізацію виробничих процесів, підвищення якості продукції, зростання продуктивності за одночасного зниження виробничих витрат, а також покращення комунікаційної взаємодії з глобальними споживачами.

Логічно припустити, що саме такі техніко-економічні переваги цифрової трансформації спричиняють найбільший інтерес з боку міжнародних корпорацій. Водночас, останніми роками все більш очевидною стає тенденція до переорієнтації глобальної уваги на досягнення більш соціально значущих цілей. Зокрема, поширення концепцій екомислення, створення кліматичних хабів та еко-лабораторій, а також впровадження практик соціально відповідального бізнесу. На цьому тлі особливого значення набуває реалізація стратегій, спрямованих на досягнення Цілей сталого розвитку ООН до 2030 року. Все більша увага приділяється ролі сучасних технологій у забезпеченні таких ініціатив, що підкреслює їх провідне значення у формуванні кліматично-нейтральної економіки.

Так, сучасні «нові технології» відіграють роль ключового інструменту для вирішення завдань екологізації виробничих процесів, попередження кліматичних викликів та збереження природного ландшафту Землі. У контексті розвитку цифрової економіки та стрімкого поширення інновацій виникає необхідність переосмислення політик управління кліматичними змінами. Це обумовлено появою значної кількості ефективних цифрових рішень, які здатні сприяти досягненню цілей кліматично-нейтральної економіки.

Актуальність цієї проблематики особливо відчутна для світової індустрії, яка є одним із найпотужніших джерел впливу на клімат. Характерною рисою диджиталізації в індустріальній сфері є її пріоритет на оптимізацію складних виробничих процесів. Водночас, у таких сферах, як електронна комерція, акцент робиться на вдосконалення клієнтського досвіду. Так, за даними аналітичних досліджень, понад 55% рішень, які пропонують вендори у сфері інтернету речей, спрямовані на промислове виробництво та розвиток

інфраструктури розумних міст. Ще 21% припадає на енергетичний сектор, 14% — на торгівлю та управління взаємодією з клієнтами. Водночас лише близько 9% охоплюють так звані «інші» проєкти, серед яких знаходяться цифрові ініціативи, зосереджені на протидії кліматичним змінам та їх екологічним наслідкам [168]. Проте ці кліматично орієнтовані цифрові проєкти, як правило, мають локальну спрямованість і не характеризуються масштабністю на глобальному рівні.

Позитивна динаміка у цьому напрямку стала особливо помітною в умовах масштабної пандемії COVID-19, яка відіграла роль своєрідного каталізатора диджиталізації. Масове переведення бізнес-процесів у онлайн-формат стимулювало активний розвиток цифрових технологій, розширення інформаційно-комунікаційної інфраструктури та створення умов для реалізації якісно нових форсайт-проєктів, спрямованих на адаптацію до постпандемічної реальності. Серед таких ініціатив значну увагу почали приділяти проєктам диджиталізації, орієнтованим на боротьбу з кліматичними змінами, які поступово інтегруються у ширшу візію "життя після COVID".

Як було вказано вище, нині кліматична нейтральність економіки є провідною метою модернізації системи господарювання в Європі. Цю тезу підтверджують положення, викладені у доповіді комісара Європейської комісії з питань клімату та енергетики Мігуеля Аріаса Кан'ете, а також тодішнього президента Європейської комісії Жана-Клода Юнкера. Під час презентації першої у світі стратегії досягнення кліматичної нейтральності економіки до 2050 року для Європейського Союзу, спікери наголосили, що «забезпечення кліматичної нейтральності є не лише необхідним і досяжним, але й становить значний інтерес для ЄС як одного з ключових регіонів світу» [160]. Утім, досягнення кліматичної нейтральності потребує глибокого опрацювання технологічних, інституційних і фінансових механізмів у всіх провідних 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 1.7).



Рис. 1.7. Стратегічні напрямки досягнення кліматичної нейтральності економіки як основа інтеграції цифрових рішень

Джерело: сформовано автором на основі дослідження [200, 273]

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 [491]. Модель науковців показала, що коефіцієнт такого впливу складає 0.477, а технологічні інновації є посередником, становлячи 28% від загального ефекту

[491]. 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 [490].

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 [473]. 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 [189, 398].

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 [300, 301, 123]. Аналіз досліджень показує, що такий ефект зниження викидів спостерігається завдяки сталому розвитку бізнес-процесів, оптимізації логістичних ланцюгів, кращій мережовості 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 [300].

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 [116]. Також диджиталізація сприяє розвитку бізнес-моделей,

орієнтованих на зелений розвиток та концепт спільного використання ресурсів, що сприяє зниженню відходів та підвищує ефективність використання ресурсів [455].

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 [133]. 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 [484].

Варто зазначити, що диджиталізація сприяє підвищенню прозорості процесів кліматичного управління та дотримання екологічних стандартів [398]. 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 [375].

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 [133].

Ключові функції диджиталізації [448]:

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.

Окреслений функціонал диджиталізації пропонує різноманітні 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 [370] 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 енергоефективних 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 проєкти, розумне пакування, що містить інформацію про екологічний слід продукту [147].

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.

Зазначимо, що диджиталізація забезпечує можливості системного контролю, моніторингу та аналітики у реальному часі, технологічного супроводу процесів декарбонізації, а також прискорення впровадження більш сталих рішень через інтеграцію інноваційних цифрових технологій. Вона сприяє гармонізації взаємодії між учасниками глобальної економіки, створюючи підґрунтя для синергії. Це проявляється завдяки можливостям диджиталізації:

- ефективно управляти енергетичними та природними ресурсами;
- надавати цифровий супровід у розробці зелених інновацій, які знижують вуглецевий слід;

- підвищити ефективність міжнародної взаємодії через цифрову координацію кліматичних ініціатив,
- забезпечити прозорість виконання кліматичних зобов'язань.

Таким чином, диджиталізація стає не лише інструментом, а й системним рішенням для реалізації глобальних кліматичних ініціатив, підсилюючи ефективність, прозорість та адаптивність економік у контексті викликів XXI століття та міжнародної взаємодії.

Враховуючи викладені міркування, пропонуємо розширити розуміння диджиталізації як драйвера досягнення кліматичної нейтральності світової економіки, що забезпечує можливості кращого системного контролю, технологічного супроводу та прискорення процесу спільного руху до «нульових» викидів на засадах синергії, прозорості та координації процесів кліматичного регулювання. На відміну від існуючих, такий підхід передбачає функціональну роль диджиталізації не тільки як рушійної сили технологічного прогресу та системи цифрового забезпечення процесів, але як драйвера глибоких трансформацій у світовій економіці задля довгострокової сталості клімату.

1.3. Ко-еволюція кліматично-нейтрального та цифрового векторів глобального розвитку

Злагожденість 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 (Додаток Б). Це дає підстави вважати, що світова спільнота не тільки готова

підтримати міжнародні кліматичні ініціативи, але й чинитиме відповідний тиск на уряди та економічних акторів.

Дослідження Андре П., Бонева Т. показало високу стурбованість та підтримку кліматичних політик за результатами опитування майже 130 000 осіб у 125 країнах світу [102]:

- 89% висловили бажання бачити суттєве посилення політичних заходів, спрямованих на забезпечення зеленого переходу економіки як ключового інструменту протидії змінам клімату;

- водночас, 86% зазначили, що люди «в першу чергу мають самостійно докладати зусиль для боротьби з глобальним потеплінням»;

- 69% підтвердили готовність регулярно спрямовувати щонайменше 1% власного доходу на фінансування заходів, спрямованих на подолання наслідків зміни клімату.

Альтернативні дослідження ідентифікують певний розрив у сприйнятті серйозності проблеми зміни клімату у різних країнах та розумінні міжнародних ініціатив у цьому напрямку [91]. Складністю є те, що проблема зміни клімату все ще сприймається у суспільстві як стигма. Як показали результати опитування підлітків стосовно бачення майбутнього світу в умовах зміни клімату, 83% зазначили, що «людство не змогло подбати про планету», 55% вважають «людство приречене» і 56% зазначають, що через зміну клімату мають «менше можливостей, аніж їх батьки» (Додаток Б, рис. Б.2.). Зміцнення суспільної усвідомленості виступає ключовим аспектом успішної реалізації кліматичних політик, адже практичне впровадження таких заходів передбачає масштабну трансформацію економічної системи. Цей процес вимагає не лише організаційно-технологічної готовності економіки, але й підтримки та прийняття змін з боку її учасників. Важливим позитивним зрушенням є те, що за останні десятиліття глобальний суспільний наратив еволюціонував від запитання «Чи відбувається зміна клімату?» до «Як ми можемо зробити більше?» та спричинив активні дискусії щодо переваг і недоліків різних рішень для подолання кліматичної кризи.

Вагому роль у цьому процесі відіграли міжнародні ініціативи, реалізовані протягом останніх десятиріч. Їх ретроспектива дозволяє оцінити рівень консолідації глобальних зусиль у напрямку кліматично-нейтрального розвитку світової економіки. Ключові віхи еволюційного розвитку відображено на графіку (рис. 1.8).

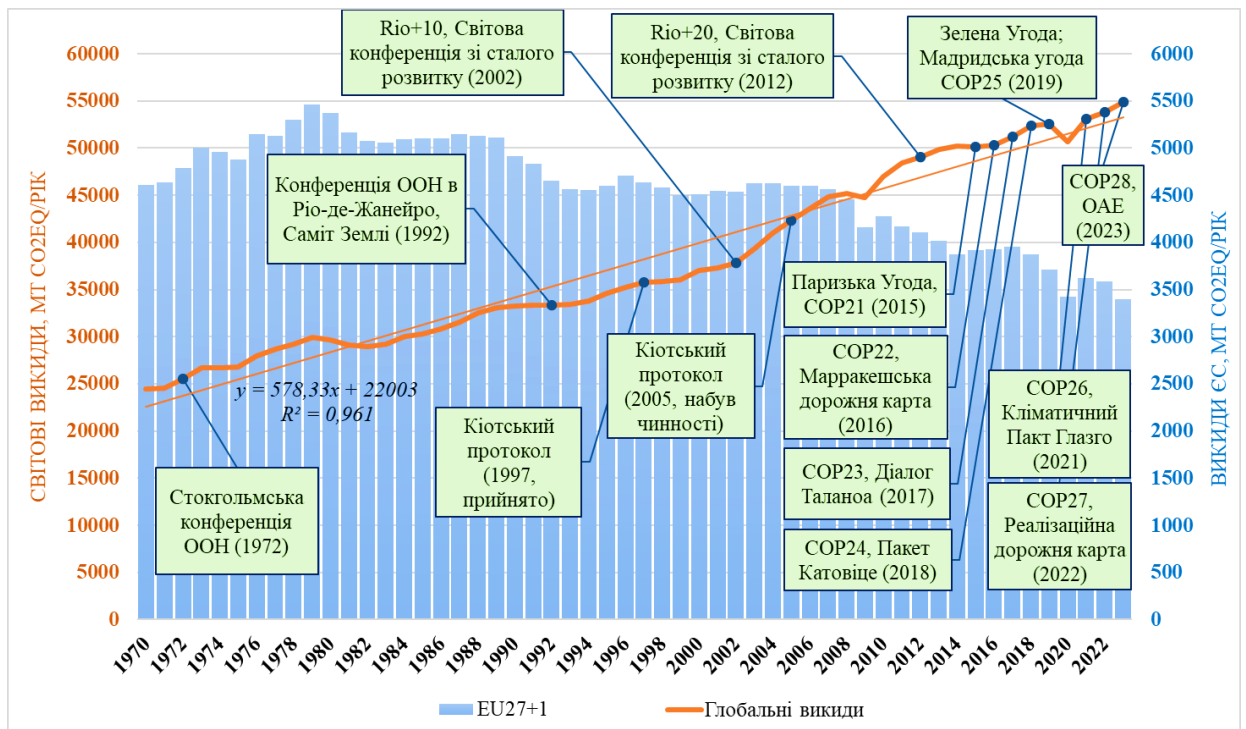


Рис. 1.8. Динаміка ключових міжнародних ініціатив у сфері зеленого переходу економіки та кліматичного регулювання

Джерело: побудовано автором на основі дослідження міжнародного історико-політичного екскурсу

Наведена візуалізація репрезентує ключові зелені міжнародні ініціативи та угоди відносно до світової динаміки викидів. Протягом останніх 5-ти десятиліть світова економіка характеризується стійкою тенденцією до зростання обсягів викидів парникових газів, незважаючи на реалізацію ключових зелених угод. Середньорічний темп приросту викидів за цей період становив 1,6%, що відповідає 578,3 мегатон еквіваленту вуглецю щороку. У контрасті до цього, Європейський Союз демонструє спадну тенденцію викидів, ефективно долаючи тренд вуглецевої економіки. 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 здатність світової економіки досягти «нульових» викидів до 2050 року викликає обґрунтовані сумніви. Це підкреслює необхідність посилення мультилатеральності міжнародних зусиль для прискорення переходу до кліматично-нейтральної економіки.

Зазначимо, що наведені міжнародні зелені ініціативи являють собою комплекс міжнародних, регіональних і локальних зусиль, спрямованих на боротьбу зі зміною клімату, адаптацію до її наслідків та досягнення сталого розвитку. Основною метою цих ініціатив є зменшення викидів парникових газів, перехід до кліматично нейтральної економіки, збереження природних ресурсів і забезпечення стійкості екосистем. Нині вони не тільки формують напрямки боротьби зі зміною клімату, але й створюють платформу для співпраці держав, бізнесу та суспільства.

Водночас, світовий рух у напрямку цифрової революції також демонстрував певні закономірності, що дозволяють розглянути його здобутки у напрямку своєрідної фасилітації виконання зелених угод.

Зазначимо, що еволюційна динаміка цифрового розвитку відбувалась з плином технологічного прогресу. Впродовж останніх десятиліть цифрові ініціативи репрезентують міжнародні зусилля, спрямовані на створення єдиного цифрового середовища, яке сприяє інноваціям та глобальній інтеграції. Вони також об'єднують зусилля держав, міжнародних організацій, бізнесу та громадянського суспільства для впровадження цифрових технологій, вирішення глобальних викликів і забезпечення доступу до сучасних цифрових інструментів у всьому світі. Її формотворчі події та міжнародні ініціативи представлено нижче (рис. 1.9).

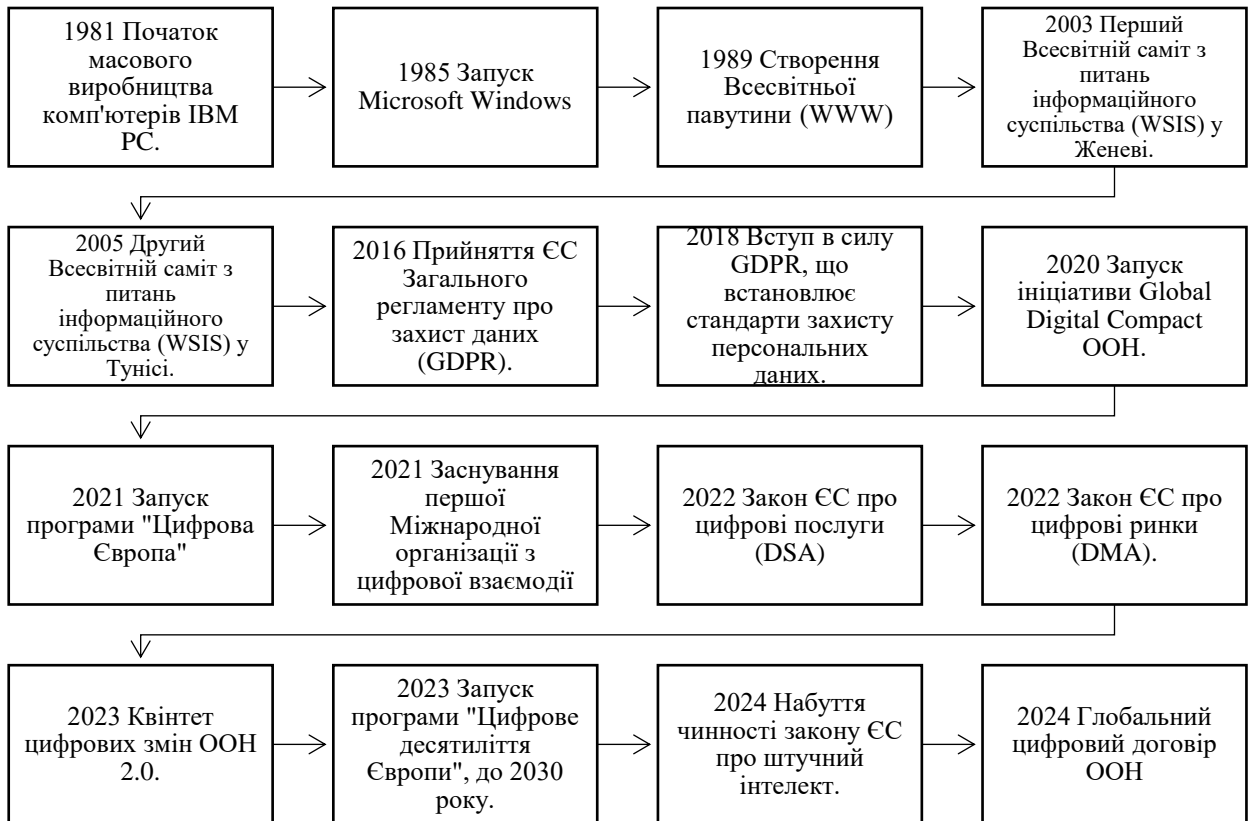


Рис. 1.9. Динаміка ключових міжнародних ініціатив та подій у сфері цифрового розвитку

Джерело: побудовано автором на основі дослідження міжнародного історико-політичного експерту

Нині, основними напрямками міжнародних цифрових ініціатив є створення високошвидкісної цифрової інфраструктури, зокрема розвитку Інтернету речей, 5G-мереж і хмарних обчислень, розширення доступу до цифрових послуг для країн, що розвиваються, забезпечення кібербезпеки та захисту даних, а також сприяння розвитку штучного інтелекту та блокчейн-технологій. Особливе значення мають ініціативи щодо подолання цифрового розриву, який існує між країнами з різним рівнем економічного розвитку.

Синхронізація зелених і цифрових ініціатив представлена у Додатку Б (рис. Б.3). Її аналіз дозволяє виокремити 3 рівні ко-еволюційного розвитку міжнародних зусиль у сфері реалізації кліматичних угод та цифрової трансформації: базовий, декларативний, інтегративний (рис. 1.10).



Рис. 1.10. Рівні ко-еволюційного розвитку міжнародних зусиль у сфері реалізації кліматичних угод та цифрової трансформації

Джерело: сформовано автором

Розглянемо зазначені ініціативи детальніше.

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 [128]. 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. Важливим зрушенням 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.

Перші відчутні ознаки уповільнення темпів зростання викидів світова економіка почала демонструвати лише через десятиліття після Стокгольмської конференції. Наступна знакова подія — Конференція ООН з навколишнього середовища та розвитку, відома як Конференція в Ріо-де-Жанейро або «Саміт Землі», — відбулася в 1992 році, після тривалої 20-річної перерви, зумовленої викликами економічного розвитку. Ключовим досягненням цієї конференції стало прийняття Рамкової конвенції ООН про зміну клімату. Ця угода, частково спрямована на подолання «небезпечного втручання людини в кліматичну систему», ставила за мету стабілізацію концентрації парникових газів в атмосфері, закладаючи основу подальшої міжнародної боротьби зі зміною клімату [478].

Важливо зазначити зростання охоплення за цією Угодою, зокрема початково її підписали 154 держави, нині угода об'єднує 198 країн. Саміт уперше порушив питання глобальної відповідальності за зміни клімату та підтримку біорізноманіття. З іншого боку, це стало імпульсом для пошуку оптимального балансу між економічними інтересами та забезпеченням екологічної сталості. Однак досягнення цього балансу виявилось надзвичайно складним завданням, що потребувало скоординованих міжнародних зусиль і довгострокової стратегії. 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» [220].

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

Однак, у цей же період відбувається стрімке просування ключових досягнень людства у сфері цифрових технологій у масовий вжиток: масове виробництво персональних комп'ютерів IBM, запуск найбільш популярної операційної системи Microsoft Windows, створення та початок розгортання мережі Інтернет на глобальному рівні. Це створило принципово нові можливості для моніторингу, аналізу та управління різноманітними процесами у складному міждисциплінарному дискурсі.

Таким чином, на базовому (вихідному) етапі було закладено фундамент для подальшої гармонійної надбудови як інструментів кліматичних політик, так і розвитку цифрових технологій. Проте, у цьому періоді зелений і цифровий тренди скоріш розвивались паралельно, симбіотично доповнюючи один одного. Так, розвиток Інтернету та збільшення доступності персональних комп'ютерів дозволило говорити про розгортання системи моніторингу викидів та узагальнення еко-статистики.

Перші важливі маркери взаємопосилення можна спостерігати впродовж реалізації зелених і цифрових ініціатив наступних двох десятиріч (1997 – 2018 роки). Саме у цей період відбулося поступове взаємне визнання можливостей цифрової трансформації у реалізації зеленого переходу на глобальному рівні, що посилювалося через стрімкий цифровий розвиток. У сфері зелених політик відбулися формотворчі події, які заклали майбутній фундамент кліматично-нейтрального розвитку світової економіки.

За підтримки Європейського Союзу, США та Японії, світова спільнота досягла підписання Кіотського протоколу у 1997 році, який, однак, набув чинності лише через вісім років — у 2005 році.

Зазначимо, що цей міжнародний договір є ключовим для аналізу процесу становлення кліматично-нейтральної економіки та формування запиту на роль цифрових технологій у цьому процесі.

По-перше, на основі наукового консенсусу світова спільнота офіційно визнала, що проблема глобального потепління є прямим наслідком надмірної генерації викидів вуглецю.

По-друге, на міжнародному рівні було закріплено зобов'язання країн-учасниць щодо поступового скорочення обсягів викидів парникових газів, що стало важливим кроком до консолідації зусиль у боротьбі зі зміною клімату у межах спільної, але диференційованої відповідальності. Протокол визнавав, 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.

Підкреслимо, що вагомий результат Кіотського Протоколу, який у подальшому уможливив розвиток ідей кліматичної нейтральності світової економіки – відома трійка гнучких механізмів [323, 248, 277, 341]:

Механізм 1. Спільне виконання (*Joint Implementation, JI*). Фактично, цей механізм відкрив нову можливість для країн із так званого «списку Б» 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 проєктів 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.

Гнучкі механізми Кіотського протоколу заклали основу для комплексного підходу, спрямованого на посилення міжнародної співпраці у скороченні викидів парникових газів. Вони стали своєрідною «парасолькою» для підтримки тих країн, які не мали можливості самостійно досягти декарбонізації своїх економік. Однак встановлені протоколом цілі щодо скорочення емісій вуглецю виявилися недостатньо амбіційними, щоб забезпечити суттєве зниження впливу на клімат [277].

Із моменту ратифікації Кіотського протоколу міжнародні зусилля щодо подолання кліматичних викликів набули значно більшої інтенсивності та високого рівня консолідації. Це стало основою для переходу до нового етапу глобальної кліматичної політики, що вимагала конкретних дій. У цьому контексті подальші конференції в Ріо-де-Жанейро, відомі як Ріо+10 та Ріо+20, були спрямовані на чітке визначення стратегічних цілей, формування регуляторних рамок і розробку механізмів, здатних забезпечити практичну реалізацію кліматичних ініціатив на міжнародному рівні. Проте, основними обмеженнями в реалізації спільних цілей були визнані політичні розбіжності, різні національні інтереси та нестача фінансових ресурсів [253]. Обидві конференції, Ріо+10 та Ріо+20, стали об'єктом критики через недостатній рівень конкретики та амбіційності у прийнятих рішеннях. Зокрема, учасники не досягли узгодження кінцевих документів, які б забезпечили чіткі орієнтири

для сталого розвитку. Крім того, було відзначено брак уваги до питань соціальної справедливості та економічної нерівності, що є важливими складовими переходу до кліматично-нейтральної економіки [437].

В контексті цієї критики, дві потужні міжнародні ініціативи з питань цифрового розвитку проклали місток в питаннях сталого розвитку та зеленого переходу. Відбулися Перший і Другий глобальні саміти з питань інформаційного суспільства. Попри значну увагу до трендів розвитку цифрових технологій, на першому саміті країнами учасницями було визнано роль цифрових технологій у сталому розвитку та боротьбі зі зміною клімату. А другий саміт окреслив необхідність використання цифрових технологій для екологічного моніторингу.

Ці елементи ко-еволюційного розвитку стали можливими за рахунок розгортання міжнародних майданчиків та широкого залучення представників міжнародного співтовариства до обговорення питань зеленого зростання та цифрового розвитку. Фактично, завдяки складному шляху просування зелених ініціатив – розширились межі сприйняття функціональних можливостей диджиталізації.

Ключовою віхою у розвитку кліматично орієнтованого курсу світової економіки стало підписання Паризької угоди, яка стала результатом роботи 21-ї Конференції сторін Рамкової конвенції ООН про зміну клімату (COP21) у 2015 році. Ця угода визначила стратегічну мету — обмежити підвищення глобальної температури в межах 1,5–2°C, що відповідає рекомендаціям МГЗЕК. Наразі лише 3 країни — Іран, Лівія та Ємен не ратифікували Паризьку Угоду у повному обсязі, хоча у підсумку 198 сторін переговорів взяли на себе зобов'язання розробити довгострокові стратегії розвитку з низькими викидами парникових газів [286].

З точки зору розвитку міжнародних відносин важливим аспектом Паризької угоди, який відрізняє її від Кіотського протоколу, є підвищений рівень мультилатеральності. Угода поклала зобов'язання щодо подолання кліматичного виклику не лише на розвинуті країни, але й на всі держави світу без винятку [286]. Це вагомий крок у досягненні консолідованої згоди у

боротьбі зі зміною клімату. 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 (до 1990 року) [208]. Ці обмеження були призначені, передусім, для стимулювання перехідних процесів 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 [421, 86]. 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.

Важливо підкреслити, що практична реалізація ідей та механізмів Паризької Угоди фактично поставило міжнародну спільноту перед необхідністю визнати вагому роль цифрових технологій як важеля широкої системи підтримки зеленого переходу. Зокрема, підняті в попередніх ініціативах питання захисту даних при зборі аналізі зеленої статистики стали можливими завдяки прийняттю Загального регламенту ЄС про захист даних (GDPR). Це дозволить забезпечити прозорість і безпеку даних у кліматичних і екологічних проектах. Нині захист даних є ключовим для кліматичного моніторингу і звітності.

Можна говорити про початок більш тісних інтегративних процесів у міжнародних зусиллях, що спрямовані на реалізацію кліматичних цілей та цифрового розвитку. У цьому напрямку ко-еволюція прослідковується в ініціативах останніх 5-ти років. Розглянемо їх детальніше.

Безперечно, одним із ключових досягнень багаторічного руху за кліматичну сталість і зелений розвиток економіки стало ухвалення Зеленого курсу ЄС у 2019 році. [431]. Ця Угода, представлена єврокомісією за головування Урсули фон дер Ляйєн, продемонструвала потужне кліматичне лідерство Європейського Союзу та його готовність до рішучіших дій та трансформацій. У цьому документі Європейський Союз офіційно задекларував доктрину кліматичної нейтральності економіки, визначивши її як фундаментальний принцип майбутнього розвитку. 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..." [410].

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) 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. 1.11).

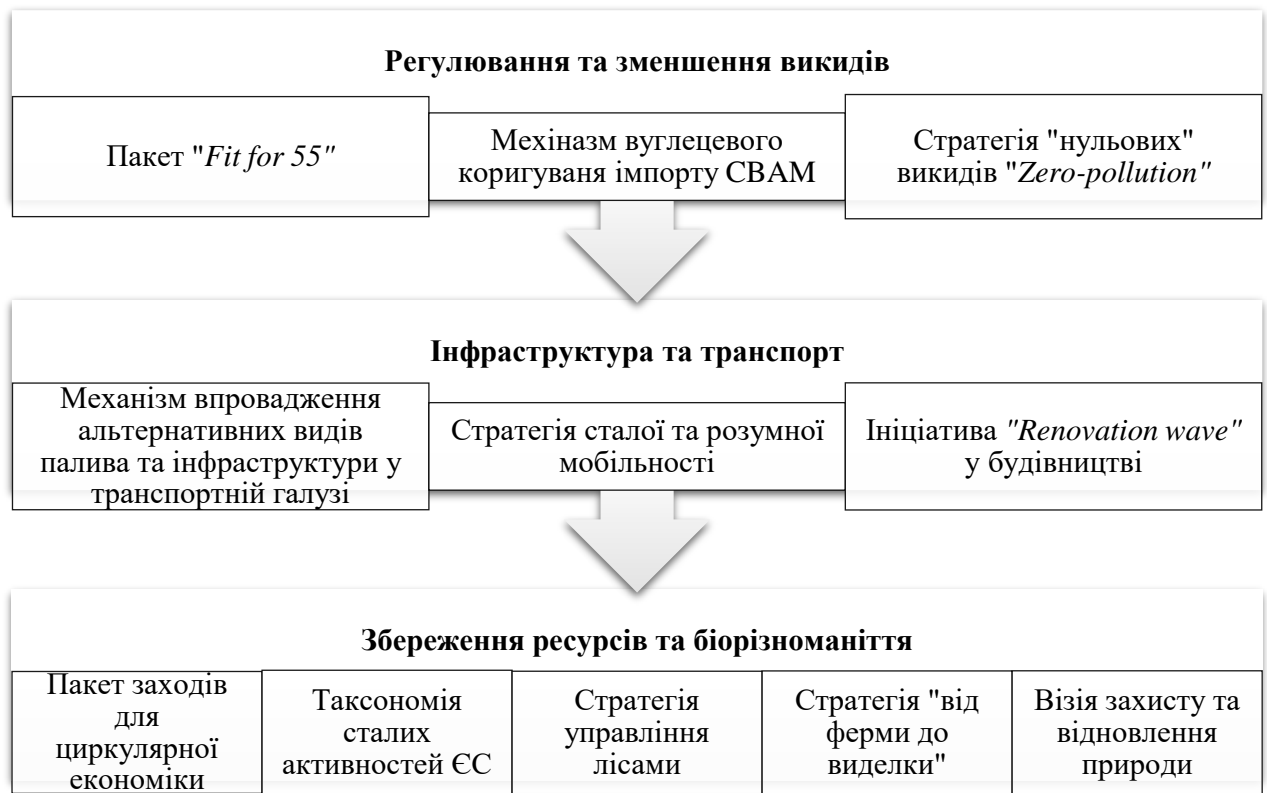


Рис. 1.11. Інструменти зеленої угоди для розвитку кліматично-нейтральної економіки

Джерело: Систематизовано автором на основі [430, 142, 212, 399, 469, 391]

Опис загального фокусу зазначених інструментів наведено у Додатку В. Розглянуті інструменти свідчать про системний підхід Європейського Союзу до переходу на екологічно стійкі моделі економіки через багатовекторний вплив. Цей підхід охоплює широкий спектр заходів — від законодавчого регулювання викидів парникових газів та стимулювання використання відновлюваних джерел енергії до ініціатив із реновації будівель і сприяння 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 реалізація Зеленого курсу стикається з низкою суттєвих бар'єрів. Насамперед, це необхідність залучення значного додаткового фінансування, забезпечення технологічної готовності для впровадження реформ, а також наявність політичної волі та підтримки заходів з боку національних урядів і зацікавлених сторін [212, 399]. Ще одним важливим викликом є гарантування соціальної справедливості та інклюзивності в 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 [84] та Кліматичний закон ЄС 2021 [478], 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 [442, 141, 284]:

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 [478]. Зокрема, це стосується впровадження нових нормативних актів та правил для промислових підприємств із метою зменшення негативного впливу на навколишнє середовище [284].

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.

У контексті аналізу еволюції та ефективності міжнародних зусиль, спрямованих на формування кліматичного вектору світової економіки, важливо відзначити значущу роль конференцій сторін (COP), які проводяться під егідою Рамкової конвенції ООН про зміну клімату (Табл. 1.6).

Таблиця 1.6.

**Роль Конференцій сторін COP у міжнародному розвитку
кліматичного вектору світової економіки**

Конференція COP	Основний фокус	Ключові рішення в контексті кліматично-нейтральної економіки
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.
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 автором за результатами дослідження драфтів конференцій COP [49]

Останні роки глобальні конференції сторін дедалі більше акцентують увагу на посиленні кліматичного та екологічного наративу, спрямованого на стимулювання конкретних дій урядів, трансформацію економічних моделей і розробку дієвих ринкових механізмів для скорочення викидів у ключових галузях світової економіки. Однак цей тиск залишається переважно м'яким,

що дає змогу багатьом економічним гравцям продовжувати використовувати застарілі, вуглецевоємні моделі виробництва. Ситуація ускладнюється через геополітичну напруженість, спричинену війною росії проти України, яка створює додаткові виклики для глобальної екологічної та енергетичної безпеки. Це підкреслює необхідність оновлення міжнародних домовленостей, враховуючи розбіжності у політичних інтересах і позиціях країн. Нагальною також є проблема забезпечення фінансових ресурсів для реалізації кліматичних цілей, а також розробки механізмів контролю та дотримання рішень, ухвалених на таких глобальних форумах. Вирішення цих завдань потребує пошуку спільного консенсусу між державами та подолання системних бар'єрів, які гальмують прогрес у боротьбі зі зміною клімату.

Зазначимо, що амбітність зелених угод останніх років, викладених вище, вимагає потужної технологічної складової та цифрової екосистеми для забезпечення їх виконання. З іншого боку, кліматичні цілі певним чином задають орієнтири для цифрових ініціатив (Табл. 1.7).

Таблиця 1.7.

Міжнародні цифрові ініціативи 2020-2024 років та їх дотичність до забезпечення кліматичної нейтральності

Рік	Назва	Дотичність до забезпечення кліматичної нейтральності
1	2	3
2020	Запуск ініціативи Global Digital Compact ООН для відповідального використання цифрових технологій.	Прямо передбачає використання цифрових технологій для досягнення Цілей сталого розвитку, включаючи кліматичні цілі.
2021	Запуск програми "Цифрова Європа"	Включає фінансування технологій для підтримки кліматичних досліджень, сталого розвитку та зеленої трансформації бізнесу.
2021	Заснування першої Міжнародної організації з цифрової взаємодії для сприяння розвитку цифровій економіці	Надає підтримку в розробці екологічних рішень у цифровій економіці.
2022	Прийняття ЄС Закону про цифрові послуги (DSA) та Закону про цифрові ринки (DMA).	Непряма підтримка, як можливого регулятора цифрових ринків та послуг для кліматичної відповідальності учасників у майбутньому.

Продовж. табл. 1.7

1	2	3
2023	Квінтет цифрових змін ООН 2.0, спрямований на підтримку інновацій, співпраці та безпеки в цифровій сфері.	Включає напрями щодо впровадження цифрових рішень для боротьби зі змінами клімату.
2023	Запуск програми "Цифрове десятиліття Європи", спрямованої на цифрову трансформацію ЄС до 2030 року.	Включає цілі з диджиталізації для досягнення сталого розвитку та зменшення впливу на клімат.
2024	Глобальний цифровий договір ООН	підкреслює необхідність використання цифрових технологій для підтримки сталого розвитку та боротьби зі зміною клімату. Це включає сприяння розвитку "зеленої" цифрової інфраструктури, зменшення вуглецевого сліду ІТ-сектору та підтримку інновацій, спрямованих на екологічну стійкість.
2024	Набуття чинності Закону про штучний інтелект, що регулює використання ШІ в ЄС.	Передбачає впровадження ШІ для моніторингу та прогнозування змін клімату.

Джерело: узагальнено автором

В контексті поєднання із зеленим вектором міжнародної співпраці, доцільно розглянути такі з наведених цифрових ініціатив та програм.

Програма Цифрова Європа є ключовою ініціативою Європейського Союзу, що спрямована на підтримку цифрової трансформації Європи. Вона охоплює період 2021-2027 років і має бюджет у розмірі понад 7 мільярдів євро. Метою програми є підтримка розширення та вдосконалення цифрових технологій в Європейському Союзі, зокрема для підвищення інноваційності, безпеки та конкурентоспроможності через: розвиток високошвидкісних цифрових інфраструктур; інвестування у розбудову потужної і надійної цифрової інфраструктури, включаючи мережі 5G, а також доступ до хмарних послуг і суперкомп'ютерів; сприяння розвитку нових цифрових технологій для бізнесу та державних установ; підтримка штучного інтелекту; підвищення рівня цифрової грамотності серед громадян та підприємств для використання ШІ; цифрові технології для бізнесу та громадян; кібербезпека та захист даних; цифрова інклюзія.

Ця програма яскраво демонструє синергію з програмами Зеленого переходу. Так, програма Цифрова Європа передбачає підтримку зеленого переходу та досягнення кліматичної нейтральності, інтегруючи ці цілі в ключові напрямки цифрової трансформації. Це відображає зобов'язання Європейського Союзу щодо виконання Європейського зеленого курсу (European Green Deal) та забезпечення подвійного цифрово-зеленого переходу через напрями:

- Розвиток цифрових технологій для зелених інновацій.
- Підтримка цифрових платформ для оптимізації використання ресурсів, зокрема в енергетиці, транспорті, аграрному секторі та управлінні відходами.
- Створення енергоефективних центрів обробки даних і стимулювання розробки "зелених" хмарних сервісів.
- Зменшення вуглецевого сліду цифрового сектору через інтеграцію відновлюваних джерел енергії в цифрові інфраструктури.
- Сприяння розвитку "зелених" цифрових рішень, зокрема фінансування проектів, що спрямовані на зниження викидів парникових газів через цифровізацію промисловості.
- Підтримка технологій, які сприяють переходу до циркулярної економіки, зокрема інновацій у сфері повторного використання матеріалів та управління відходами.
- Диджиталізація енергетичного сектору.
- Кібербезпека для захисту зеленої інфраструктури.

Таким чином, програма поєднує цифровий і зелений порядки денні, забезпечуючи інтеграцію цифрових рішень у стратегії сталого розвитку.

У цьому ж контексті важливо зазначити 2 потужні ініціативи ООН.

1) Глобальний цифровий договір (GDC), прийнятий Генеральною Асамблеєю ООН 22 вересня 2024 року, спрямований на встановлення спільних принципів та стандартів для цифрового простору, забезпечуючи його

відкритість, безпеку та інклюзивність. Хоча основна увага договору зосереджена на цифрових аспектах, він також визнає важливість екологічної стійкості та кліматичних дій. Зокрема, GDC підкреслює необхідність використання цифрових технологій для підтримки сталого розвитку та боротьби зі зміною клімату. Це включає сприяння розвитку "зеленої" цифрової інфраструктури, зменшення вуглецевого сліду ІТ-сектору та підтримку інновацій, спрямованих на екологічну стійкість. Таким чином, Глобальний цифровий договір інтегрує екологічні та кліматичні аспекти, визнаючи їхню важливість у сучасному цифровому світі та сприяючи їх врахуванню при розробці та впровадженні цифрових технологій.

2) «Квінтет змін» у рамках ініціативи «ООН 2.0» складається з п'яти ключових напрямів, спрямованих на модернізацію та підвищення ефективності роботи Організації Об'єднаних Націй (Табл. 1.8).

Таблиця 1.8.

Синергія напрямків Квінтету змін ООН 2.0 із задачами кліматичного регулювання

Напрямок	Сутність	Прямий та опосередкований зв'язок із кліматичними питаннями
1	2	3
Дані	Розвиток сучасних навичок і культури роботи з даними: збір, обробка та використання даних із різних джерел для прийняття обґрунтованих рішень.	Збір і аналіз кліматичних даних для прогнозування змін, відстеження викидів, екологічного моніторингу. Інформація слугує основою для створення ефективних кліматичних політик та контролю виконання ЦСР, зокрема ЦСР 13 (Кліматичні дії).
Інновації	Створення середовища, яке заохочує творчість, готовність до ризику та безперервне навчання.	Розробка інновацій для декарбонізації, таких як відновлювані джерела енергії, розумні мережі та кругові бізнес-моделі. Сприяння технологіям для адаптації до змін клімату та управління ресурсами.
Цифрові технології	Використання цифрових інструментів та платформ для підвищення ефективності, розвитку співпраці та покращення результатів.	Цифрові інструменти використовуються для моніторингу змін клімату, управління ресурсами, аналізу даних щодо викидів та впровадження цифрових рішень у енергетиці, транспорті й аграрному секторі.

Продовж. табл. 1.8

1	2	3
Прогнозування	Формування культури довгострокового мислення, стратегічного планування та готовності до різних сценаріїв майбутнього.	Використання кліматичних моделей для передбачення змін та розробки адаптаційних стратегій. Передбачення екологічних ризиків та оцінка впливу політик на сталий розвиток.
Поведенкові науки	Застосування знань про поведінку людей для розробки стратегій і тактик, що сприяють позитивним змінам.	Використання поведінкових наук для стимулювання екологічної свідомості та дій: зменшення споживання ресурсів, підтримка кліматично дружніх рішень, екологічні комунікаційні кампанії.

Джерело: сформовано автором на основі порталу ООН www.un.org/two-zero

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.

По-четверте, за останні роки все більше посилюється кроссекторальний вплив між міжнародними цифровими та кліматичними ініціативи, що знайшло відображення у відповідних програмах та угодах.

Викладені вище результати аналізу дають підстави говорити про зв'язок диджиталізації та кліматичної нейтральності як конструктивної синергії двох

мега трендів сучасності, коли диджиталізація виступає потужним драйвером, а кліматична нейтральність, водночас, надає їй акценту сталості (рис. 1.9).

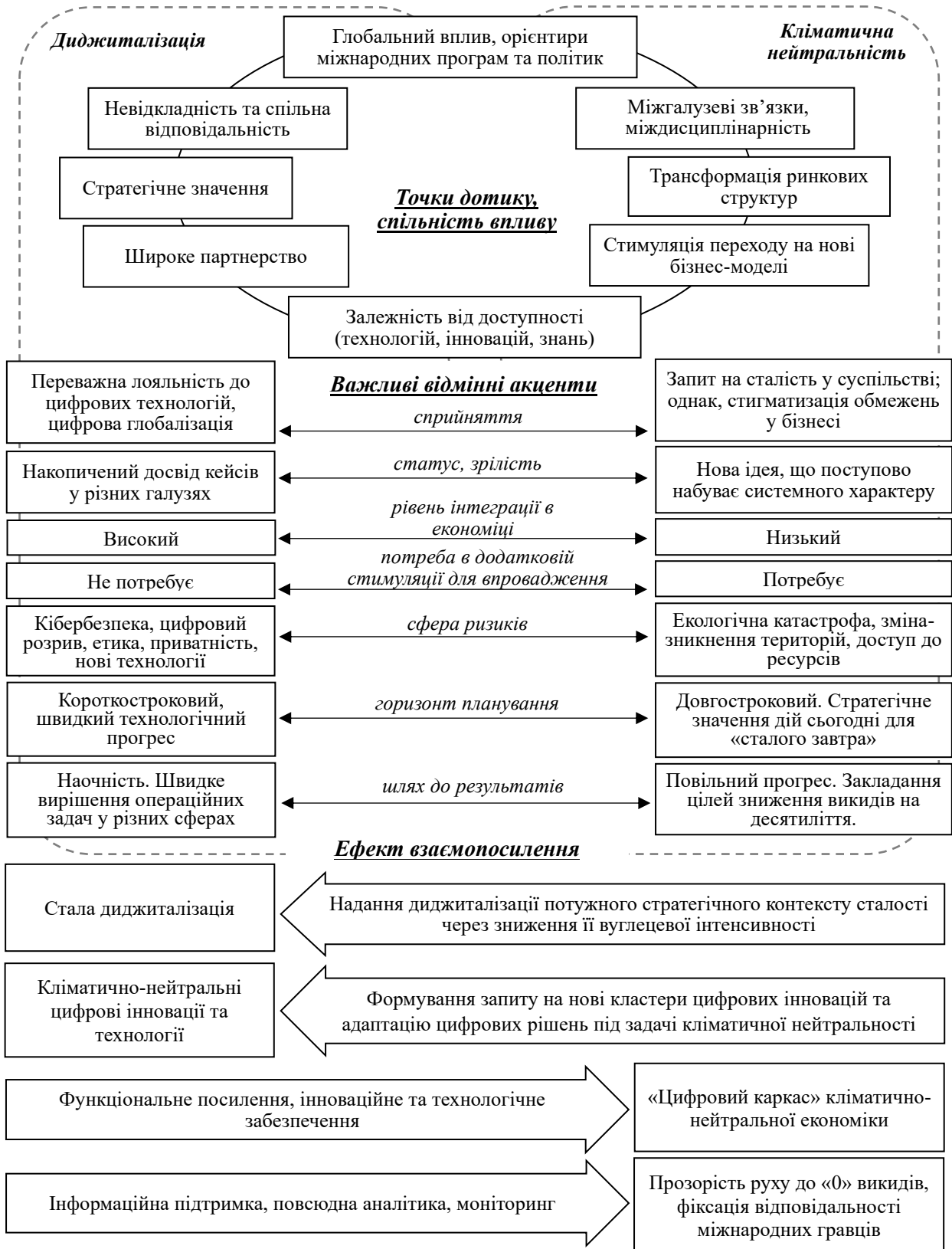


Рис. 1.9. Аспекти синергії диджиталізації та кліматичної нейтральності
Джерело: складено автором

Окреслені аспекти синергії у конструкті «диджиталізація - кліматична нейтральність» проявляються у взаємопосиленні та створенні точок отримання додаткових ефектів. Такі опорні точки передусім утворюються на межі контрастів та відмінностей, коли обидва мегатренди надають один одному додаткового смислового забарвлення. Це проявляється у наступному.

Диджиталізація, як драйвер, і кліматична нейтральність, як орієнтир, є надважливими складниками глобального розвитку, що у синергії створюють базис економічного зростання на засадах кліматичної сталості. Обидва мегатренди стимулюють розвиток ринків, відкриття нових ніш та сегментів, трансформацію індустрії, створення нових робочих місць з принципово новим портфелем компетенцій, що у підсумку сприяє підвищенню економічної активності. Відтак, обидві категорії трансформують ринкові структури. Диджиталізація змінює спосіб функціонування бізнесу, стимулюючи перехід на нові цифрові бізнес-моделі, тоді як кліматична нейтральність, як вимога, змушує галузі принципово переглядати свої підходи до виробництва, споживання ресурсів та впливу на довкілля. Нові ринки, такі як наприклад ринок вуглецевих кредитів, водневих технологій, зелених інновацій, розширюються і набирають обертів.

З іншого боку, обидва мейнстріми нині привертають значні інвестиції. Диджиталізація потребує капіталу для розвитку цифрової інфраструктури, автоматизації та інновацій, в той час як кліматична нейтральність вимагає інвестицій у відновлювані джерела енергії, енергозбереження та кліматичні технології. Водночас, кліматично-цифрові проекти нині є окремим самостійним напрямком публічно-приватного партнерства та залучення фінансування.

Також, що обидва мейнстріми є об'єктами міжнародного регулювання, потребують розробки стандартів, етичних протоколів та програм. Синергія дозволяє ширше репрезентувати нормативну базу подібних міжнародних ініціатив, однак вимагає певної гармонізації.

Прояв синергії очікується і в питаннях гармонізації використання ресурсів. Диджиталізація може, з одного боку, скорочувати використання певних матеріальних ресурсів (наприклад, за рахунок автоматизації), але з іншого боку, потребує значних енергетичних ресурсів для обробки даних, роботи дата-центрів та підтримки цифрових інфраструктур. Кліматична нейтральність, навпаки, зосереджується на скороченні споживання викопних ресурсів та мінімізації впливу на природне середовище, впроваджуючи циркулярну економіку та відновлювані джерела енергії.

Варто підкреслити, що диджиталізація має вищий рівень зрілості у контексті накопичення науково-практичного досвіду цифрової трансформації різних суб'єктів світової економіки, що триває десятиліттями. Більш того, є можливість наочно побачити результати диджиталізації та оцінити їх з точки зору ефективності та конкурентних переваг.

Водночас, концепт кліматичної нейтральності знаходиться на більш ранній стадії розвитку – це своєрідний «трейлблейзер» світової економіки. Багато суб'єктів господарювання по всьому світу тільки починають розробку та втілення стратегій кліматичної нейтральності. Ситуацію ускладнює те, що горизонт планування залишається дещо розмитим, адже результати глобального руху до «абсолютного нуля» міжнародне співтовариство зможе спостерігати крізь призму десятиліть. Нині довгострокова перспектива кліматичної нейтральності сягає періоду 2050 року. Це потребує фундаментальних змін у виробничих процесах, енергетиці та споживанні ресурсів, а також спільних системних зусиль. Водночас, такий процес вимагає тривалих інвестицій та часу для реалізації на глобальному рівні. У цьому контексті важливо визначити методологічні підходи та інструменти оцінки результативності міжнародних кліматичних політик та своєрідної «збіжності» - конвергенції країн у спільному русі до кліматичної нейтральності.

Синергія мегатрендів дозволяє очікувати прискорення досяжності кліматичних цілей, розглядаючи диджиталізацію як драйвер кліматичної нейтральності світової економіки. Однак, диджиталізація може нерівномірно

впливати на різні країни, залежно від рівня розвитку цифрової інфраструктури. Більш розвинені економіки швидше впроваджують цифрові технології та отримують вигоди від них. Кліматична нейтральність є інтегральною метою, яка стосується всіх країн, незалежно від їх рівня розвитку, адже питання клімату – питання спільної відповідальності. Проте різні країни мають різні ресурси та можливості для досягнення цієї мети, і країни, що розвиваються, можуть потребувати більше підтримки. Подолання розривів потребує співпраці між урядами та приватним сектором. Державна підтримка (через політичні та економічні стимули) та участь бізнесу (через впровадження інновацій і нових технологій) є важливими для досягнення синергії обох напрямків.

Висновки до розділу 1

Кліматична нейтральність є відносно новим фундаментальним принципом, що втілює ідею ефективної адресації деструктивних кліматичних викликів світовою економічною системою. Підкреслено наскрізність впливу зміни клімату на світову економіку у розрізі окремих економічних суб'єктів на макроекономічному, міжгалузевому, локальному та соціальному рівнях. Такий вплив проявляється у вагомих ризиках економічної стабільності та необхідності трансформації системи господарювання у напрямку кліматичної адаптації та мітигації. Проаналізовано аспекти позиціонування кліматично-нейтральної економіки у системному дискурсі сталого розвитку та зеленого зростання.

Уточнено поняття кліматичної нейтральності світової економіки як базового орієнтиру розвитку світової системи господарювання, що передбачає досягнення балансу в системі зниження-ліквідації-компенсації вуглецевого сліду світової економіки, спирається на мультилатеральне залучення міжнародних суб'єктів та гарантує збереження клімату на прийнятному рівні для всіх поколінь. Подане трактування акцентує увагу на системному підході,

враховуючи аспект глобальної відповідальності задля гарантування кліматичної сталості нинішніх і майбутніх поколінь.

Сучасне бачення кліматично-нейтральної економіки спирається на розвиток зелених технологій, технологічний прогрес, оптимізацію енергоспоживання, індустріальну екологізацію, формування ефективних політик і фіскальних механізмів для стимулювання кліматичних ініціатив, міжнародне кліматичне лідерство.

Обґрунтовано роль диджиталізації як ефективного драйвера у досягненні цілей кліматичної нейтральності. Показано, що на сучасному рівні цифрового розвитку та завдяки всеохоплюючому характеру впливу, диджиталізація пропонує ефективний інструментарій посилення стратегій декарбонізації, посилює прозорість кліматичного управління, допомагає дотримуватися екологічних стандартів та стимулює розробку нових продуктів і послуг, які відповідають критеріям сталого розвитку.

За результатами аналізу міжнародного досвіду в питаннях поєднання стратегій цифрового та зеленого розвитку, показано, що диджиталізація сприяє досягненню таких цілей як зменшення промислових викидів, підвищення ефективності енергоспоживання, оптимізація використання ресурсів, сприяння консенсусу між економічними та екологічними перевагами. Це досягається через розгортання цілісних цифрових екосистем у ключових сферах кліматично-нейтрального розвитку. Показано, що інноваційні цифрові рішення, такі як блокчейн, супутникові технології, цифрові двійники для промислових об'єктів і екосистем, та ін. відіграють вирішальну роль у моніторингу та зниженні викидів вуглецю.

Окреслено позиціонування диджиталізації як драйвера, що сприяє адаптації до кліматичних змін, декарбонізації індустрій, підвищенні обізнаності суспільства щодо низьковуглецевих практик, створюючи базис для переходу до глобальної системи господарювання з мінімальним впливом на клімат.

Окреслено еволюційну динаміку ключових міжнародних зусиль на рішення останніх десятиліть у напрямку впровадження світових кліматичних та цифрових ініціатив. Показано, що ефективне впровадження принципів кліматичної нейтральності потребує тісної співпраці на глобальному рівні. Підкреслено формотворчий вплив міжнародних угод (Кіотський протокол, Паризька Угода, Європейський зелений курс та ін.) на структурні зрушення кліматичних політик, які втім є недостатніми для зламу зростаючого тренду вуглецевої інтенсивності світової економіки та потребують пошуку інструментів інтенсифікації. Досліджено приклад ЄС, як світового хедлайнера кліматично-нейтрального розвитку, який поєднує зелені та цифрові програмні ініціативи, досягаючи синергії у низьковуглецевому розвитку. Визначено, що ключовими факторами успіху у реалізації міжнародних кліматичних та цифрових ініціатив є: інтеграція політик зеленого та цифрового переходу; гнучкість механізмів вуглецевого коригування та існування альтернатив; інтеграція програм інвестування зелених і цифрових інновацій; регуляторна підтримка; партнерські проєкти та міжнародне співробітництво; підвищення обізнаності та відкритість; постійний моніторинг та забезпечення прозорості. Це формує базис для взаємопосилення зелених та цифрових ініціатив, створюючи передумови для форсування цілей кліматичної нейтральності.

Основні наукові результати, представлені в розділі 1, опубліковано в таких працях автора: 56, 43, 49, 52, 54, 59, 106, 254, 264, 306, 313, 315, 326, 327, 328

РОЗДІЛ 2. МЕТОДОЛОГІЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ ДИДЖИТАЛІЗАЦІЇ ТА КЛІМАТИЧНОЇ НЕЙТРАЛЬНОСТІ СВІТОВОЇ ЕКОНОМІКИ

2.1. Триангуляція наукових підходів у дослідженні глобального конструкту «диджиталізація - кліматична нейтральність» світової економіки

Дослідження загальної природи, потенціалу та характеру взаємозв'язку диджиталізації та кліматичної нейтральності світової економіки потребує комплексного підходу, який дозволить врахувати різні економічні, екологічні, технологічні, соціально-політичні аспекти трансформаційних процесів у глобальній економіці, а також виявити динаміку їх впливу та прояву в різних країнах і регіонах. Цей крок є важливим не тільки для розуміння глобальних механізмів впливу цифрових технологій на зниження викидів та досягнення екологічної стійкості, але й для визначення загальної концептуальної рамки поєднання цих мега-трендів сучасності.

Методологія дослідження має забезпечити стратегічно виважений та науково обґрунтований підхід до вирішення наукової проблеми, зокрема збору, аналізу та інтерпретації даних, досягаючи водночас належної якості та валідності отриманих результатів. Це потребує інтеграції кількісних та якісних методів, виокремлення теоретичних світоглядних основ досліджуваного явища, засобів емпіричного обґрунтування, що уможлиблює досить глибокий і всебічний аналіз впливу диджиталізації на кліматичну нейтральність світової економіки.

В основу методологічної канви дослідження диджиталізації як рушійної сили кліматичної нейтральності світової економіки було закладено триангуляцію наукових підходів, як ефективну стратегію сучасного дизайну досліджень. Глибокий аналіз методології наукових праць у сфері міжнародної економіки та глобального бізнесу за останні 50 років, виконаний колективом світових вчених Нільсоном Б. та ін. [213], підтвердив доцільність широкого

застосування триангуляції як методологічного тренду в дослідженні комплексних соціально-економічних процесів та явищ різної природи, що забезпечує широке розуміння зв'язків предметної області. Важливо зазначити, що такий підхід є особливо актуальним у дослідженні наукових проблем з міждисциплінарним дискурсом, оскільки дозволяє інтегрувати різні теоретичні моделі та методи аналізу. Відтак, використання триангуляції дозволить забезпечити необхідну багатогранність для розкриття взаємозв'язків у глобальному конструкті «диджиталізація-кліматична нейтральність» світової економіки, що є вагомим аспектом сучасних міжнародних політик.

Загалом, триангуляція передбачає гармонійне застосування сукупності різних кількісних та якісних методів, теоретичних моделей, підходів та джерел даних для більш повного та об'єктивного розуміння наукової проблематики [213, 132, 348]. Такий підхід охоплює напрямки (рис. 2.1).

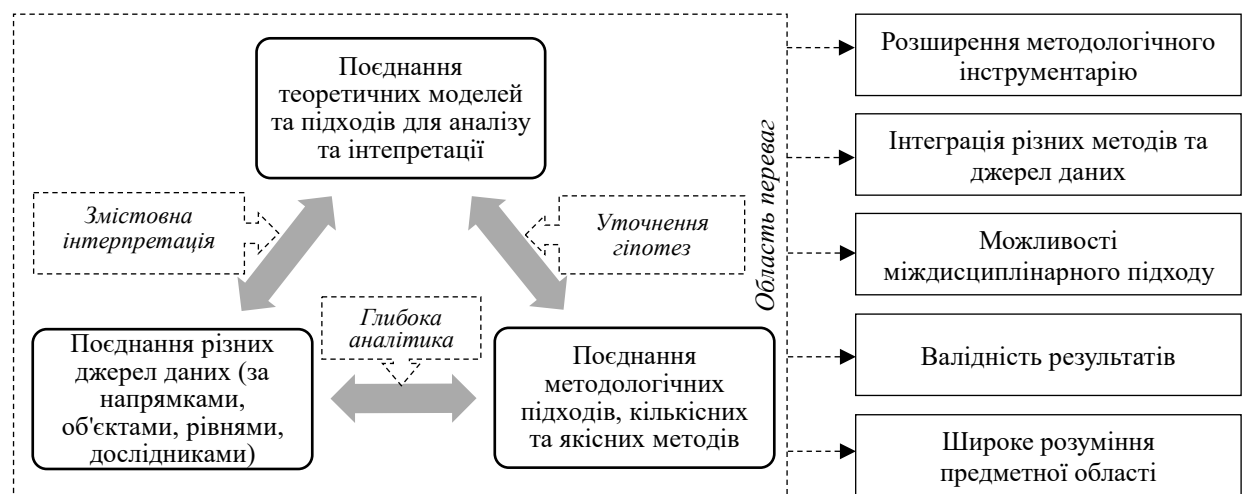


Рис. 2.1. Триангуляція підходів при побудові методології дослідження

Джерело: складено автором на основі праць [213, 348].

Ефективність такого підходу вбачається передусім у комплексному охопленні глобальної проблематики та гнучкості застосування методів у висвітленні специфічних аспектів досягнення кліматичної нейтральності світової економіки на тлі впровадження цифрових рішень (Додаток Г). Це потребує поєднання таких елементів:

1) Теоретична триангуляція – вибір сукупності теоретичних підходів та світоглядних моделей для пояснення функціональної ролі диджиталізації у досягненні кліматичної нейтральності світової економіки з метою виявлення та пояснення природи формотворчих зв'язків.

2) Триангуляція методологічних підходів та кількісних методів – використання методів описової статистики, кореляційно-регресійного аналізу, багатофакторного аналізу, контент-аналізу, моделей конвергенції та ін.

3) Триангуляція джерел даних – формування наборів різних аналітичних даних у просторово-динамічному вимірі та міждисциплінарному контексті. Підкреслимо, що вибір та поєднання джерел даних є особливо важливим та критичним аспектом вирішення задач даного дослідження, зважаючи на необхідність забезпечення глибокого та всебічного аналізу взаємозв'язку між двома різними за природою трендами – цифровим та кліматичним. У цьому напрямку триангуляція дозволяє комбінувати різні типи джерел для підвищення точності та достовірності результатів.

Зазначимо, що у межах дослідження було охоплено декілька груп джерел даних. Зокрема, макроекономічні - для опису та порівняння динаміки ключових економічних, технологічних та екологічних показників по країнах світу, регіонах і секторах економіки. Враховано експертні оцінки щодо ефективності використання цифрових технологій у кліматичних ініціативах, особливо штучного інтелекту, інтернету речей, блокчейну тощо, які можуть сприяти скороченню викидів та оптимізації використання ресурсів. Окрема увага приділена кейс-стаді міжнародних кліматичних-цифрових ініціатив. З цією метою опрацьовано платформи еко-цифрових проєктів SDA (370 проєктів) та найбільшого нині Зеленого Кліматичного фонду (243 проєкти). Ці бази даних надають конкретну інформацію про проєкти, що поєднують кліматичні цілі та цифрові механізми їх досягнення, а також містять інформацію про обсягів фінансування, країн впровадження, категорії кліматичних гарантій і особливості партнерства між приватним і державним секторами.

З урахуванням наведених міркувань, загальна методологічна канва дослідження побудована таким чином (рис. 2.2).

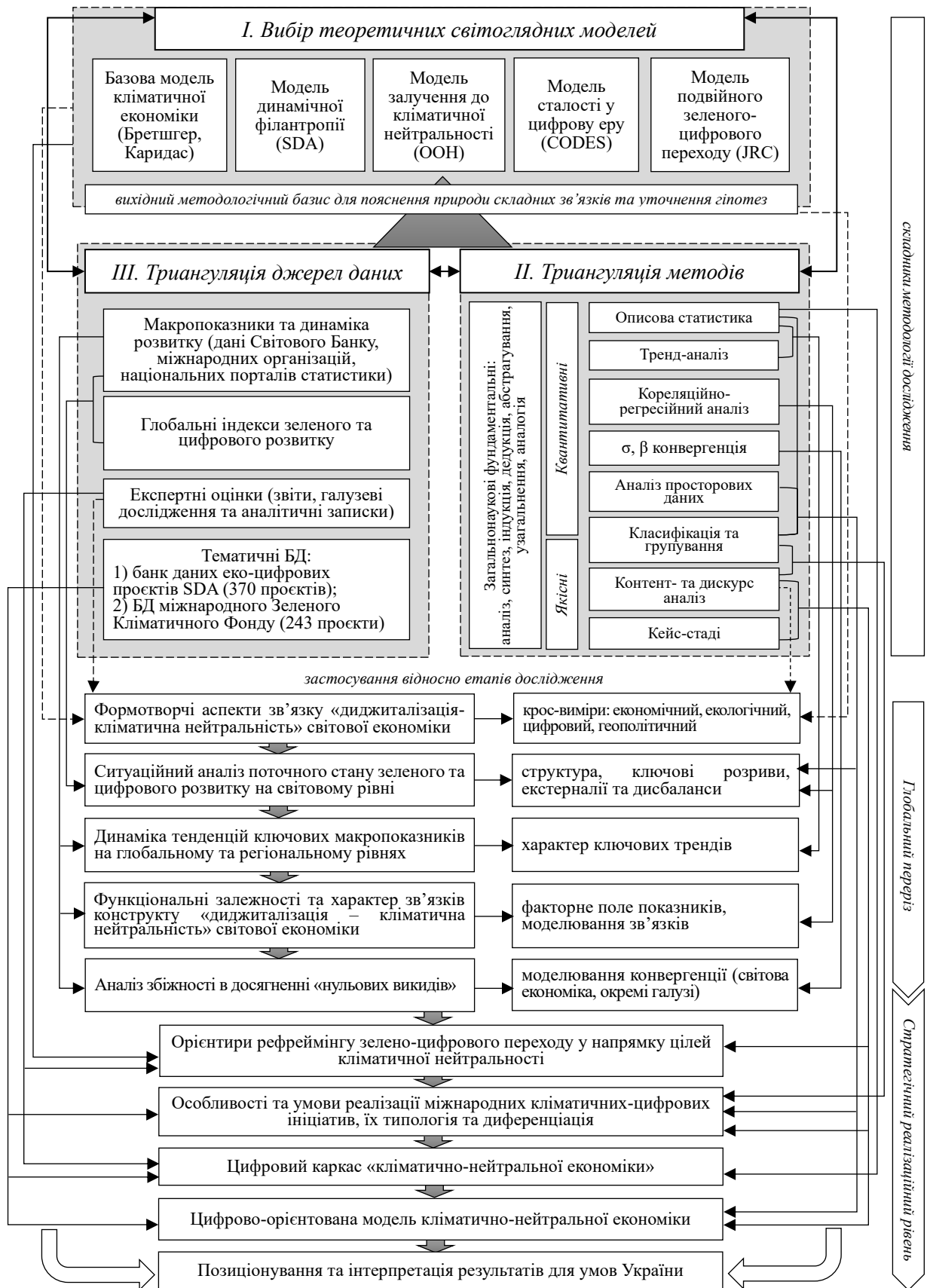


Рис. 2.2. Методологічна канва дослідження на основі триангуляції підходів

Джерело: складено автором

У межах теоретичної триангуляції доречно виділити такі світоглядні концептуальні моделі з метою методологічного пояснення природи зв'язків між диджиталізацією та кліматичною нейтральністю світової економіки (рис. 2.3).

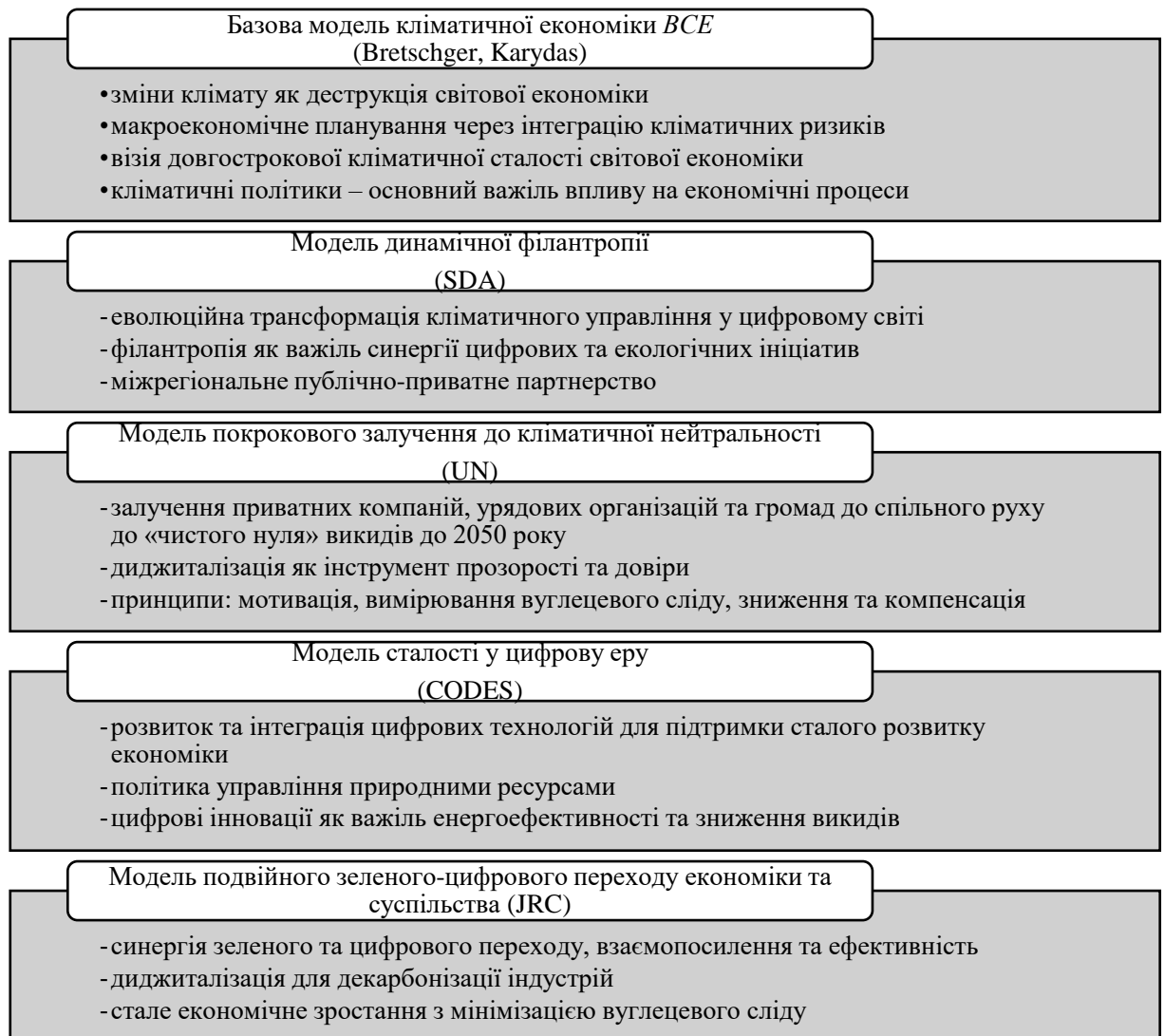


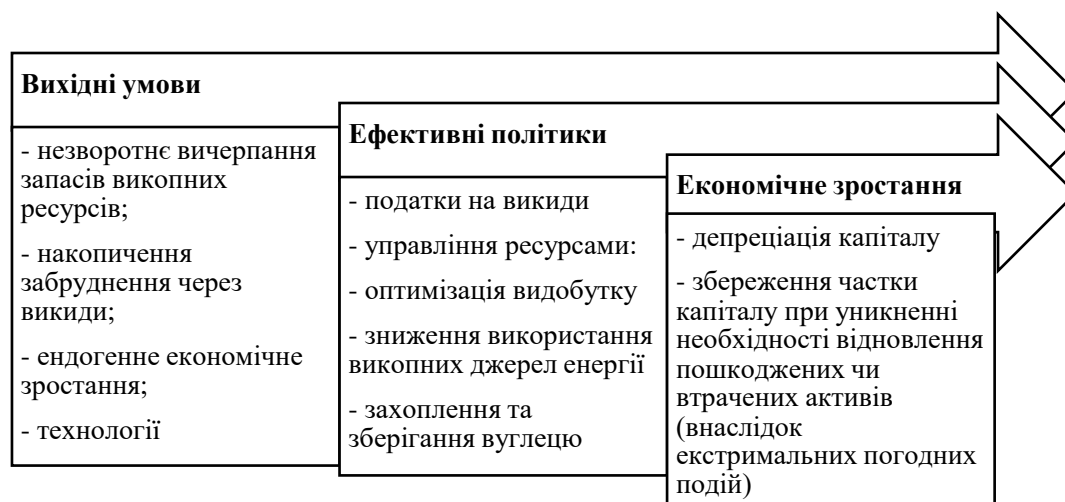
Рис. 2.3. Базові концептуальні моделі для пояснення конструкту «диджиталізація – кліматична нейтральність»

Джерело: сформовано автором

Передусім, економічне зростання та розвиток розглядається у фарватері глобальних кліматичних викликів. У 2019 році науковці Л. Бретшгер, К. Карідас запропонували базову модель кліматичної економіки, відому як модель BCE (Basic Climate Economy Model) [127]. Основний важіль кліматичної нейтральності на світовому рівні – економічні та політичні реакції, що обумовлює необхідність моделювання сценаріїв економічної політики,

спрямованої на зменшення негативних наслідків зміни клімату. Важливим світоглядним аспектом є те, що автори пропонують об'єктивно сприймати економічні реалії крізь призму неможливості досягнення абсолютної декарбонізації світової промисловості у найближчому майбутньому, але наголошують на необхідності виваженого управління та посилення політичної волі. У цих умовах важливим фактором є посилення відповідальності економічних суб'єктів у межах екологічної деградації, що спричинена їх діяльністю. Певна «компенсація» такого впливу можлива за умов демонстрації ефективних результатів боротьби з наслідками зміни клімату. Утім, модель не пропонує конкретних механізмів досягнення цього балансу.

Хоча в моделі *BCE* відсутнє чітке визначення «кліматичної нейтральності», вона описує важливу понятійну структуру щодо зв'язку світової економіки та кліматичної проблематики через важіль реалізації економічних та кліматичних політик (рис. 2.4).



**Рис. 2.4. Ключові детермінанти кліматичної економіки
(за моделлю BCE)**

Джерело: систематизовано автором на основі [127]

Такий підхід інтегрує елементи макроекономічного планування та кліматичні аспекти. Хоча запропонована система є досить спрощеною, проте наочно ілюструє такі закономірності:

1) по мірі неконтрольованого та екстенсивного видобутку ресурсів планети, рівень забруднення (викиди CO₂) пропорційно збільшується. Це призводить до загострення кліматичної кризи та знецінення капіталу.

2) центральний важіль протидії цій тенденції – ефективні політики, зокрема оподаткування викидів, вуглецеві кредити, контроль екстракції вуглецю тощо. Впровадження таких політик зменшує негативний вплив на економічне зростання за рахунок зниження забруднення. Зазначимо, що у моделі ВСЕ збитки від кліматичних змін вимірюються як відсоток від доступного капіталу, що призводить до зниження темпів економічного зростання через необхідність відновлення пошкоджених активів.

3) темпи економічного зростання пов'язані з продуктивністю капіталу, забрудненням та обсягами інвестицій у відновлення капіталу. Зменшення видобутку викопних енергетичних ресурсів і зменшення забруднення дозволяє підтримувати стабільні темпи економічного зростання у довгостроковому горизонті побудови економічних стратегій.

Зазначимо, що диджиталізація безпосередньо не враховується у понятійній структурі моделі ВСЕ, але розглядається як важливий технологічний та інноваційний предиктор реалізації ефективних кліматичних та економічних політик у найближчому майбутньому.

Доречно виділити три припущення базової моделі кліматичної економіки, що використано у побудові методології дисертаційного дослідження:

По-перше – економічна діяльність, що збільшує рівень забруднень, негативно впливає на екологічну та кліматичну стійкість.

По-друге – характер використання ресурсів впливає на довгострокову стабільність світової економіки.

По-третє – зміни клімату зменшують продуктивність капіталу, що відображається на загальному рівні економічного добробуту.

Окреслені припущення наводять на думку про існування своєрідного «замкненого кола» кліматичної нейтральності світової економіки. Воно виникає на тлі загострення вуглецевої інтенсивності світової промисловості та залежності економік світу від, передусім, енергетичних ресурсів. Еволюційно

країни продовжують нарощувати обсяги економічної діяльності, але за умов неналежного впровадження кліматичних політик – економічна діяльність сприяє подальшому збільшенню викидів, загостренню наслідків зміни клімату та, відповідно, зниженню потенціалу переходу на більш прогресивні зелені рішення у майбутньому.

Постає гіпотеза щодо ролі диджиталізації як своєрідного каталізатора розірвання «замкнутого кола» вуглецевої інтенсивності та драйвера руху до кліматичної нейтральності світової економіки.

З іншого боку, важливою умовою досягнення «нульових викидів» є максимальне залучення міжнародного співтовариства до ідеології кліматичної нейтральності. У цьому напрямку постає модель кліматичної нейтральності, що сформована ООН у межах ініціативи Climate Neutral Now UNFCCC [148]. Модель побудовано на засадах підвищення обізнаності, розбудови потенціалу, розвитку спільних зусиль, сприяння оцінці вуглецевого сліду, скорочення цього сліду та добровільної компенсації (рис. 2.5).



Рис. 2.5. Модель кліматично-нейтрального залучення суб'єктів економіки (рамкова ініціатива ООН Climate Neutral Now)

Джерело: систематизовано автором на основі [148]

Світоглядною особливістю є те, що кліматична нейтральність розглядається як «нова відповідальність», що вимагає від кожного суб'єкта активної участі в процесах оцінки, зниження викидів та формування власного внеску у загальносвітові процеси декарбонізації економіки. Диджиталізація розглядається як імператив прозорості цих процесів та довіри до учасників, які розпочали свій шлях долучення до загальносвітових кліматичних ініціатив. Додатково до моделі запропоновано своєрідні методичні вказівки розроблено для залучення приватних компаній, урядових організацій та громад до спільного руху до «чистого нуля» викидів до 2050 року. Хоча ініціатива не передбачає глибокої методології кліматичного управління, вона містить цілісні методичні підходи до ініціації процесу зниження викидів суб'єктами сучасної економіки.

Зазначимо, що залучення економічних суб'єктів потребує підтримки належної мотивації, що відповідно до ініціативи ООН передбачає 6 фокусів прикладання зусиль:

- 1) збільшення поінформованості суб'єктів економіки про невідкладність руху до «чистого нуля» та особисту відповідальність;
- 2) посилення спроможності суб'єктів економіки управляти власним вуглецевим слідом;
- 3) підтримка процесу оцінки емісії вуглецю;
- 4) побудова потенціалу зниження та/або уникнення викидів;
- 5) промоція механізмів міжнародного партнерства у сфері кліматичного регулювання, у тому числі ринкових;
- 6) визнання результатів економічних суб'єктів у спільному русі до зниження викидів. Зокрема, ООН пропонує трирівневу рамку визнання для компаній, міст та регіонів, що долучаються до кліматичних дій.

Зазначимо, що нині компенсація (внесок) економічних суб'єктів залишається опціональним складником моделі кліматичної нейтральності, а решта – обов'язкові. Це видається тимчасовим адаптаційним послабленням, але і ризиком одночасно.

Таблиця 2.1

Понятійна рамка кліматичної нейтральності в основі методології

Базова категорія	Пов'язані	Ключовий зміст
Компенсація викидів		загальний термін, що використовується для визначення вартості скорочення, уникнення або уловлювання викидів парникових газів, досягнутих сертифікованим проектом.
Вуглецевий слід (на рівні економіки, галузі, окремого економічного суб'єкта)	Інвентаризація парникових газів	розрахунок, який оцінює кількість викидів в еквіваленті двоокису вуглецю, за які несе відповідальність країна, бізнес, організація, окрема особа або інша зацікавлена сторона.
	Вуглецева інтенсивність	
Кліматична нейтральність	Вуглецевий нейтралітет	описує стан, при якому викиди парникових газів в атмосферу зацікавленою стороною (особою, організацією, компанією, країною і т.д.) були скорочені або уникнуті, а ті, що залишилися, компенсуються, зокрема за допомогою вуглецевих кредитів чи квот.
Вуглецева нейтральність (використовується частіше до економічних суб'єктів, не на глобальному рівні)		
«Чистий нуль»	«Нульові викиди» «Чисті викиди»	стан, коли досягається баланс між викидами та поглинанням парникових газів.
Компенсація викидів		загальний термін, що використовується для визначення вартості скорочення, уникнення або уловлювання викидів парникових газів, досягнутих сертифікованим проектом.
Вуглецеві кредити		зараховуються від проектів, що скорочують, уникають або уловлюють викиди парникових газів у короткостроковій та довгостроковій перспективі. Вуглецевий кредит може бути використаний бізнесом, організацією або приватною особою для компенсації свого
Офсети		викиди парникових газів, які були скорочені, уникнуті або вловлені за допомогою проектів, що пройшли перевірку відповідно до надійних стандартів. Кожна одиниця компенсації або вуглецевого кредиту еквівалентна одній метричній тонні еквіваленту двоокису вуглецю (CO ₂ e).
Внесок (економічного суб'єкта)	Відповідальність (стосовно вуглецевого сліду економічного суб'єкта)	долучення суб'єкта економіки до кліматичних проектів поза межами власного ланцюга створення вартості з метою компенсації власних викидів, які суб'єкт економіки не зміг зменшити

Джерело: систематизовано на основі [148]

Інша модель сталості у цифрову еру розроблена представниками міжнародної коаліції CODES (Coalition for Digital Environmental Sustainability)

та фокусується на інтеграції цифрових технологій у процес переходу до сталої економіки, поєднуючи диджиталізацію з екологічними ініціативами.

Інтерес до цієї моделі в контексті методології нашого дослідження викликано тим, що вона спирається не тільки на прямий, але й зворотній напрям впливу, тобто «диджиталізації для сталості» та «сталю диджиталізації». Прогресивне застосування можливостей диджиталізації задля сталого розвитку передбачає реалізацію 3-х глобальних трансформаційних зсувів (рис. 2.6).



Рис. 2.6. Стратегічні зрушення (модель CODES)

Джерело: систематизовано автором на основі [90]

Зазначимо, що відповідно до моделі сталість розглядається передусім через контекст екологічної стійкості, зеленого переходу та збереження навколишнього середовища.

Такий підхід вважаємо за доречне врахувати при позиціонуванні диджиталізації як драйвера досягнення кліматичної нейтральності світової

економіки. З одного боку, диджиталізація стає інструментом декарбонізації через нові моделі управління, моніторинг кліматичних змін, розвиток штучного інтелекту для аналізу даних тощо. З іншого боку, забезпечення сталості самої диджиталізації сприяє уникненню потенційних негативних екстерналій, таких як енергетичні та матеріальні витрати на підтримку цифрової інфраструктури. Врахування цього підходу дозволить інтегрувати в методології дослідження ключові принципи подвійного переходу — цифрового та зеленого — що нині є пріоритетними в глобальних стратегіях. Такий підхід також сприятиме розробці комплексних політик, які інтегрують переваги цифрових інновацій із викликами кліматичної кризи, створюючи науково обґрунтовані рекомендації у цьому напрямку.

Окреслена модель пропонує комплексний підхід та стратегічні зрушення, необхідні для використання цифрової трансформації на користь глобальної сталості. Інтерпретація моделі CODES у методології дослідження потребує деякої конкретизації, зокрема в частині позиціонування кліматичної нейтральності як інтегрального принципу розвитку світової системи господарювання.

Перший зсув підкреслює необхідність узгодження цифрової трансформації з цілями сталого розвитку. Модель закладає умову, що цифрові компетенції та багатостороння діяльність є критично важливими для сприяння розумінню та співпраці між різними зацікавленими сторонами, щоб у подальшому інтегрувати принципи сталості глибоко в цифрові стратегії [90].

Проте, досягнення кліматичної нейтральності світової економіки потребує деякої адаптації та переорієнтації застосування цифрових технологій із пріоритетом на цілі кліматичної адаптації та мітигації, створення взаємопов'язаної екосистеми, де цифрові і зелені рішення підсилюють один одного. Отже, кліматична нейтральність як стратегічна мета та, водночас, вимога до розвитку системи господарювання, має бути закладена у загальну візію як наскрізний принцип. Це потребує додаткових досліджень потенціалу цифрових технологій у вирішенні задач кліматичної нейтральності та формування своєрідного «цифрового каркасу» її досягнення.

Наступний глобальний зсув піднімає світоглядний аспект, який стосується синергії диджиталізації та кліматичної нейтральності, а саме необхідність сталої диджиталізації. Диджиталізація виступає драйвером кліматичної нейтральності за умов, коли вона не тільки сприяє досягненню «нульових» викидів, але і забезпечує мінімізацію екологічних впливів від власне цифрових технологій. Необхідність зменшення чи уникнення негативних впливів диджиталізації є важливим усвідомленням, що передбачає зменшення споживання енергії, управління електронними відходами, зниження вуглецевої інтенсивності складних ІТ систем тощо. Нині такий підхід потребує чітких стандартів та практик, які мінімізують вуглецевий слід цифрових технологій і вирішують проблему цифрової нерівності, забезпечуючи справедливий доступ до технологій.

Третій глобальний трансформаційний зсув стосується форсування інноваційного стрибка для гармонізації балансу «запити кліматично-нейтральної економіки – можливості поточних цифрових рішень». Це потребує розробки нових цифрових технологій і систем, які не тільки підтримують, але й пришвидшують досягнення цілей зеленого переходу та кліматичної нейтральності. Ця модель пропонує використання цифрових інструментів для моніторингу та управління впливом на навколишнє середовище. Вона передбачає зменшення викидів шляхом оптимізації ресурсів та ефективного використання енергії за допомогою інтеграції цифрових рішень. Диджиталізація розглядається як ключовий чинник досягнення екологічної стійкості. Спираючись на гіпотезу про те, що цифрові технології сприяють досягненню кліматичної нейтральності світової економіки, виникає завдання з визначення критично важливих кіл цифрових інновацій та технологій для реалізації такого трансформаційного зсуву.

Розмірковуючи категоріями сталості, цифрові інновації та рішення у сфері побудови цифрових двійників Землі, повсюдного моніторингу викидів, низьковуглецевих та циркулярних практик, удосконалені моделі управління, вважаються вирішальними в переході до сталого майбутнього у цифрову еру.

Втім, цей напрям потребує уточнення з урахуванням потреб регіонів світу у кліматичному регулюванні, адаптації та пом'якшенні наслідків зміни клімату.

Важливою особливістю системних зрушень, що запропоновано у моделі CODES, є передусім переосмислення взаємодії між диджиталізацією і сталістю задля отримання позитивних ефектів у довгостроковій перспективі світового розвитку. Таким чином, цифрові інструменти ґрунтовно узгоджуються з цілями сталого розвитку, сприяючи збереженню навколишнього середовища та соціальній справедливості. Відбувається своєрідний «конект» диджиталізації з іншими напрямками сталого розвитку: екологічний, соціальний, гендерний тощо, що відповідно є основою реалізації першого глобального трансформаційного зсуву. Це парадигмальне розуміння відображає цілісний підхід, в якому цифрові та зелені стратегії не тільки узгоджуються, але є взаємозалежними, сприяючи таким чином створенню більш стійкого і справедливого глобального суспільства.

З огляду на ракурс кліматичної нейтральності світової економіки, ця модель може бути розширена з урахуванням таких імперативів:

1) багаторівневе управління для досягнення мультилатеріального залучення суб'єктів світового господарства до кліматично-нейтрального руху. Необхідно посилити роль місцевих урядів і громадських організацій, що передбачає гармонійну узгодженість між національними, регіональними, місцевими ініціативами та світовою візією;

2) посилення аспекту соціальної справедливості та інклюзивності, як інтегральної частини стратегій цифрової трансформації. Перехід до кліматичної нейтральності має бути справедливим в частині врахування потреб всіх верств населення, що особливо актуально у регіонах, які найбільш потерпають від наслідків зміни клімату та не мають достатнього економічного та технологічного потенціалу для самостійного подолання проблеми;

3) фокусування на цифрових інноваціях та адаптації існуючих цифрових технологій відповідно до потреб досягнення кліматичної нейтральності, зокрема через розвиток чистих технологій та їх масштабування;

4) глибше врахування екологічного впливу диджиталізації та можливих ефектів відскоку. Моніторинг вуглецевого сліду та енергоспоживання дата-центрів, впливу виробництва електроніки на довкілля тощо;

5) розширення концепту сталої диджиталізації у напрямку гармонізації зеленого-цифрового переходу цифрової економіки.

Наступним напрямком, який необхідно врахувати у побудові методології дослідження - аналіз можливостей диджиталізації у розвитку кліматичного управління з точки зору взаємодії та реалізації необхідних проєктів та програм.

У цьому напрямку інтерес викликає модель динамічної філантропії, запропонована колективом науковців міжнародного Зеленого Хабу, які збирають кейси кліматично-цифрових проєктів з різних регіонів світу [186].

Модель динамічної філантропії спрямована на підтримку розвитку кліматичного управління у цифрову епоху шляхом інтеграції цифрових технологій та інновацій, зміцнення співпраці між різними зацікавленими сторонами (рис. 2.7).

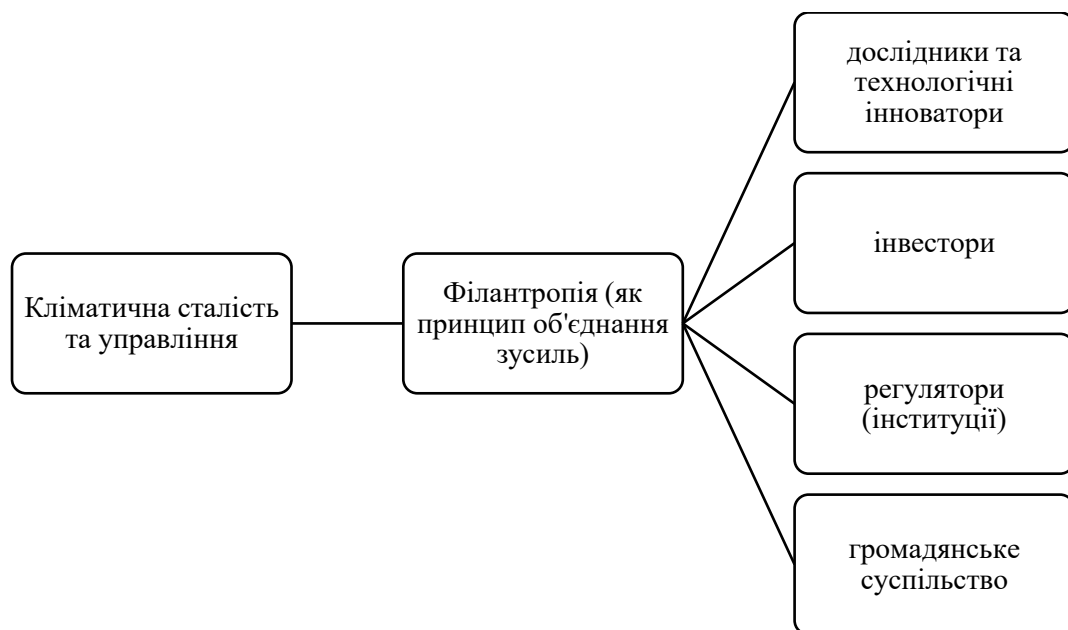


Рис. 2.7. Роль філантропії в реалізації кліматично-цифрових проєктів

Джерело: систематизовано автором на основі [186]

Відтак, дослідники та технологічні інноватори, інвестори, регулятори (інституції) та громадянське суспільство повинні працювати разом, щоб спираючись на спільні цінності, трансформувати існуючу систему управління

кліматом, щоб рухатися до справедливого та кліматично безпечного світу в цифрову епоху. Філантропія може відігравати ключову роль у сприянні цьому процесу, об'єднуючи цих суб'єктів і створюючи нові можливості для співпраці та інвестицій на шляху до трансформаційних змін.

У методології дослідження дана модель використана для розуміння рамки можливого партнерства в реалізації кліматично-цифрових проєктів та побудови їх глобальної диференціації. Фактично, динамічна філантропія підкреслює необхідність дотичності кліматичних дій і цифрових інновацій для формування більш стійкої, справедливої та ефективної системи управління кліматом. Модель динамічної філантропії спирається на такі складники, що дозволяє застосувати її елементи в методології дослідження:

1. Постійно оновлювана база даних кліматичних проєктів для аналізу реальних прикладів використання цифрових рішень у вирішенні задач досягнення кліматичної нейтральності (більше 300 проєктів). Зокрема, статистика використання цифрових інструментів (ШІ, блокчейну, мобільних платформ, сенсорних мереж) для покращення збору даних, моніторингу змін клімату, автоматизації процесів і підвищення ефективності кліматичних ініціатив.

2. Підхід динамічної філантропії - зміцнення соціального капіталу через співпрацю, довіру та обмін знаннями між суб'єктами різних сфер. Акцент на кліматично-цифрові проєкти з довгостроковою віддачею та підтримкою інклюзивних підходів.

3. Стратегічна рамка дій через: формування середовища для співнавчання і довіри; тестування рішень із залученням місцевих лідерів; масштабування успішних практик на глобальному рівні, враховуючи локальні контексти.

4. Ключові виклики: подолання цифрового розриву і забезпечення рівного доступу до цифрових технологій; зменшення вуглецевого сліду цифрового сектору; запобігання цифровій колонізації та нерівномірному розподілу вигод.

5. Сприяння трансформації систем кліматичного управління через децентралізовані та прозорі підходи. Включення місцевих громад у процеси прийняття рішень.

Методологія дослідження також спирається на модель подвійного зеленого-цифрового переходу, яка запропонована дослідницьким центром JRC в ЄС. Це дозволяє створити уявлення про ключові зв'язки, фактори, виокремити передумови ефективного поєднання та взаємопосилення. Зупинимось на висвітленні цих аспектів детальніше, адже у методологічній канві дослідження модель подвійного зеленого-цифрового переходу здатна сприяти науковому пошуку відповідей на щонайменше 3 питання:

1. Як цифрові технології можуть сприяти боротьбі з наслідками зміни клімату та погіршенням стану навколишнього середовища?
2. Які точки є точки синергії, напруги та небажані ефекти?
3. Які фактори та практики подвійного зеленого-цифрового переходу сприяють його гармонізації?

У цілому, 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 звітах ЄС [199, 202]. Наведені в них аналітичні викладки окреслюють системний вплив геополітичних гібридних загострень сучасності на кліматичну проблематику, здебільшого у контексті посилення енергетичних проблем.

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. 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 планеті [388]. Такий перехід веде до пом'якшення кліматичних змін через

запровадження екологічно сприятливого способу життя та компенсації екологічних збитків [92]. Зелений перехід сприяє формуванню системи екосистемних послуг, що мають вирішальне значення для створення сталих суспільств на засадах справедливості та інклюзивності [89]. 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 [416]. Він демонструє потенціал для подальшої трансформації домінуючих практик в економіці та суспільстві. 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 [190]. 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 [180]. 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 [201]. 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» [200]. 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.

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 2.3).

Таблиця 2.3

**Опорні документи моделі зеленого-цифрового переходу, на які
спирається методологія дослідження**

Документ	Аспект висвітлення проблематики зеленого-цифрового переходу
<i>Європейська Зелена Угода (European Green Deal)</i>	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
<i>Стратегія цифрової трансформації ЄС (Shaping Europe's Digital Future)</i>	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
<i>Комюніке Єврокомісії «Звіт про стратегічне прогнозування 2022: поєднання зелених і цифрових переходів у новому геополітичному контексті».</i>	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
<i>План REPowerEU</i>	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
<i>Цифрова стратегія UNDP 2022-2025</i>	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 автором

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 [171, 416]. Аналіз наведених у таблиці джерел показав, що модель 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.

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 [202], що дозволяє систематизувати ключові фактори зеленого-цифрового переходу (рис. 2.8).

Економічні	Соціальні	Технологічні	Екологічні	Політичні
<ul style="list-style-type: none"> • Сприятливі ринки • довгострокові інвест. стимули для еко-цифрових рішень • Різноманітність учасників ринку • МСП • інноваційні стартапи • конкурентна екосистема • "Зелені" навички працівників • Експертність у впровадженні інновацій 	<ul style="list-style-type: none"> • Справделивість переходу • зменшення цифрового розриву • інклюзія • суспільна прихильність • обізнаність • відкриті суспільні дебати • етичне використання диджитал 	<ul style="list-style-type: none"> • інноваційна інфраструктура • надійна технологічна екосистема • сумісність технологій • узгодженість рішень • Доступ та безпека даних 	<ul style="list-style-type: none"> • уникнення ефекту відскоку • зниження вуглецевого сліду цифрових технологій 	<ul style="list-style-type: none"> • 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. 2.8. Контекстуальні фактори подвійного зеленого-цифрового переходу світової економіки

Джерело: узагальнено на основі [202]

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 [289]. 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 [182].

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 [279] 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 [448].

Однак, один з ключових бар'єрів — високі додаткові витрати на реалізацію подвійного переходу. Дослідження JRC [343] 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 джерел фінансування та механізмів комплексної підтримки [222, 247]. Дослідження Європейської агенції з навколишнього середовища [420] 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. Водночас, за попередніми оцінками, у Європейському Союзі «зелений» перехід призведе до створення близько 884 тисяч робочих місць до 2030 року [370].

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 всесвітньо визнаної наукової теорії Р. Вастенхагена, М. Волсінка та М. Баре [483] 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 [98] 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 щодо застосування в державному секторі тощо [384] 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.

Міжнародна співпраця — також ключова передумова результативності моделі зеленого-цифрового переходу. Однак, такий консолідований розвиток має враховувати також можливі непередбачені наслідки, що можуть спровокувати «ефект відскоку» в економіці. Ефекти відскоку передбачають ненавмисні чи несподівані наслідки нових рішень та технологій, що неочікувано призводять до зворотніх результатів [218].

Проведене дослідження дозволило систематизувати такі ефекти відскоку у напрямку реалізації подвійного зеленого-цифрового переходу світової економіки (рис. 2.9).



Рис. 2.9. «Ефекти відскоку» в світовій економіці внаслідок неочікуваних проявів зеленого-цифрового переходу

Джерело: Сформовано на основі аналізу праць [261, 390, 450,285]

За останнє десятиріччя у науковому дискурсі представлено різні свідчення 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 енергоефективних технологій. Як показало комплексне дослідження ЄС [144], 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.

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 [265]. Ситуація проявляється особливо яскраво у сфері авіаперевезень. Як показало дослідження [274] 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.

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 [130]. 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% [226].

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% [122].

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 [386].

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% [454]. 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 [100]. Впровадження ефективніших

обчислювальних технологій може знижувати вартість використання AI на 20-30%, стимулюючи ширше застосування AI та збільшуючи загальне енергоспоживання до 25% [441].

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 [303] 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 [474]. Відповідно, 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 [172]. 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.

Таким чином, триангуляція концептуальних моделей у межах загальної методології дослідження дозволила дійти висновку, що логічні та структурно-функціональні зв'язки глобального конструкту «диджиталізація – кліматична нейтральність» складніші та глибші, мають багатосторонній характер та глибокий міждисциплінарний дискурс, охоплюючи соціальні, технологічні, екологічні та політичні аспекти.

Глобальний конструкт «диджиталізація – кліматична нейтральність» втілює ідею поєднання цих двох потужних тенденцій, відображаючи взаємозв'язок між цифровою хвилею технологічного детермінізму та екологічною сталістю, що набуває фундаментального значення при формуванні візії та побудові стратегій економічного розвитку на міжнародному рівні.

Його категоріальний простір охоплює різноманітні напрями (рис. 2.10).

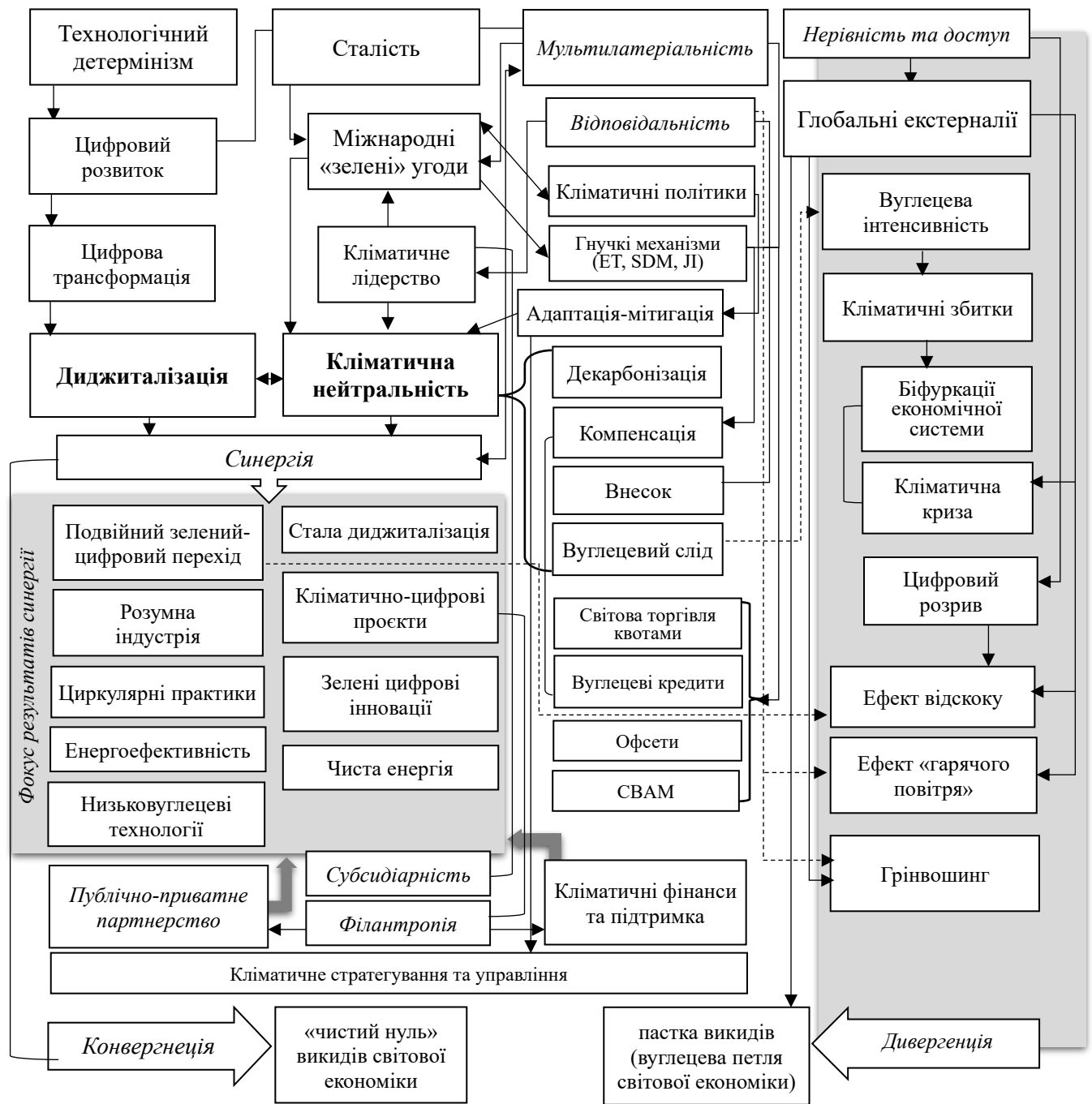


Рис. 2.10. Категоріальний простір конструкту диджиталізація – кліматична нейтральність світової економіки

Джерело: складено автором

Розуміння функціональних зв'язків та ідентифікація залежностей розвитку потребує квантитативного аналізу та моделювання, що втілене у наступних етапах методології дослідження.

2.2. Підходи до квантитативного аналізу кліматично-нейтральної економіки в контексті процесів диджиталізації

Квантитативний аналіз передбачає поєднання різних кількісних методів оцінки та моделювання ключових процесів, тенденцій, показників та факторів з метою створення цілісного уявлення про функціональні зв'язки у досягненні кліматичної нейтральності світової економіки на тлі поширення процесів цифрової трансформації.

Реалізація цього напрямку дослідження охоплює такі блоки (рис. 2.11).



Рис. 2.11. Напрями квантитативного аналізу показників кліматично-нейтральної економіки в контексті диджиталізації

Джерело: сформовано автором

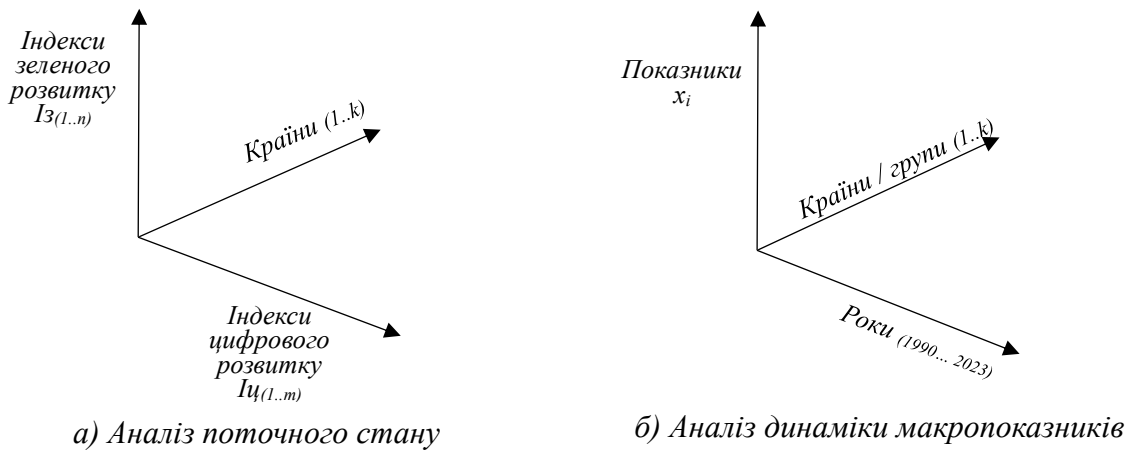
Перший блок зосереджується на аналізі статичного зрізу даних, що дозволяє оцінити поточний стан зеленого-цифрового розвитку в глобальному контексті. Основним джерелом аналізу є глобальні індекси, що дають

можливість провести загальну диференціацію та ранжування країн за показниками зеленого та цифрового розвитку. Окрему увагу приділено виявленню закономірностей у взаємозв'язках між індексами зеленого і цифрового розвитку, що дозволяє краще зрозуміти сучасний рівень інтеграції цих аспектів у різних країнах. Кількісні методи охоплюють аналіз просторових даних, інструментарій описової статистики, класифікації та ранжування.

Другий блок фокусується саме на динамічному аналізі макропоказників економічного зростання, вуглецевої інтенсивності та цифрового розвитку. Цей підхід дає можливість виявити довгострокові тренди та закономірності на світовому рівні, а також за регіонами і групами країн. Вивчення динаміки цих показників дозволяє ідентифікувати загальні тенденції та особливості розвитку в контексті переходу до кліматично-нейтральної економіки. Кількісні методи на цьому етапі охоплюють аналіз просторових даних, інструментарій описової статистики та тренд-аналітики.

Третій блок квантитативного аналізу присвячено побудові багатофакторної моделі на основі формування факторного поля показників, які включають економічні, екологічні та цифрові індикатори. Основна мета – виявити ключові фактори, які впливають на розвиток кліматично-нейтральної економіки у перерізі цифрової глобалізації, та встановити залежності між ними. Це дозволяє оцінити функціональні зв'язки між показниками, визначити структуру взаємодії економічних, екологічних та цифрових чинників і сприяти глибшому розумінню процесів трансформації економік у напрямку кліматичної нейтральності. Основний метод кількісної оцінки – кореляційно-регресійний аналіз.

Важливою умовою реалізації окресленої складової методології дослідження є формування вибірок даних. Зважаючи на комплексність та варіативність аналітики у напрямку дослідження, дані для подальшого моделювання було узагальненого за наступними підходами та відповідно до блоків рис. 2.11 (рис. 2.12).



Фактори Період (країна)	Економічні		Технологічні, цифрові			Екологічні		
		<i>i</i>		...				<i>n</i>
<i>l</i>								
<i>j</i>								
...								
<i>k</i>								

в) Формування сукупності факторів для моделювання

Рис. 2.12. Підходи до збору та узагальнення даних для квантитативного аналізу

Джерело: сформовано автором

При формуванні вибірок даних за окремими показниками по країнам світу, регіонам та групам країн було застосовано принципи релевантності, валідності, статистичної значимості та єдності джерел даних. У якості провідного джерела даних обрано відкриту цифрову статистичну платформу Світового Банку (data.worldbank.org), яка нині узагальнює статистичні показники з різних сфер, інтегрує принципи міжнародної статистики Генеральної Асамблеї ООН, забезпечуючи підтримку валідності вибірок. Варто підкреслити, що в окремих випадках за деякими країнами були відсутні дані фрагментарно за певні роки ведення спостережень, що є досить типовою ситуацією для збору складних макропоказників, що стосуються екологічної, соціально-економічної сфери та цифрового розвитку. В таких ситуаціях окремі комірочки було заповнено за традиційними підходами: на основі екстраполяції з урахуванням динаміки попереднього тренду; або як середнє значення

найближчих періодів. Це дозволило охопити максимальну кількість країн в аналізі.

Виявлення та аналіз залежностей між показниками виконано з використанням інструментів кореляційно-регресійного аналізу та описової статистики (рис. 2.13).



Рис. 2.13. Підходи до аналізу залежностей

Джерело: сформовано автором

Враховуючи методологічну канву дослідження, розглянемо послідовність реалізації усіх вищенаведених напрямків квантитативного аналізу (рис. 2.13) та основні результати.

На вихідному етапі аналіз перманентного стану зеленого-цифрового розвитку світової економіки ґрунтується на індексному підході. В контексті

побудови методології дослідження, глобальні індекси дозволяють побачити розгорнуту картину певної світової проблеми, зокрема:

- забезпечити комплексну оцінку зеленого та цифрового розвитку міжнародної спільноти, що особливо актуально зважаючи на невідкладність та безумовну амбітність досягнення кліматичної нейтральності світової економіки у найближчі десятиріччя;
- проаналізувати рейтинг країн та визначити критично важливі розриви;
- порівняти країни у межах окремих вибірок, сформованих за різними контекстуальними ознаками;
- відслідковувати бінарні закономірності та залежності зміни індексів.

Водночас, проблемним моментом використання індексів у межах загальної методології може виявитись те, що жоден індекс не може самостійно забезпечити всебічну репрезентацію такої комплексної теми як цифрова та зелена трансформація, зокрема 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 зеленого та цифрового розвитку для аналізу поточної диференціації країн на світовому рівні та формування попередніх висновків щодо проблематики досягнення кліматичної нейтральності світової економіки (Табл. 2.4).

Таблиця 2.4

Індекси зеленого та цифрового розвитку

Назва	Основна мета	Критерії розрахунку	Фокус оцінки
<i>Зелені індекси</i>			
Індекс зеленого майбутнього [432] (orig. <i>The Green Future Index</i>)	Оцінка зеленого розвитку країн	Динаміка викидів, енергетичний перехід, зелені інновації, кліматична політика	Зусилля країн у напрямку зеленого, низько-вуглецевого майбутнього
Індекс ефективності у боротьбі зі змінами клімату [429] (orig. <i>Climate Change Performance Index</i>)	Оцінка ефективності кліматичних політик	Викиди парникових газів, відновлювана енергетика, використання енергії, кліматична політика	Зусилля країн у боротьбі зі змінами клімату (фокус саме на мітигації наслідків)
Глобальний індекс кліматичних ризиків [188] (orig. <i>Global Climate Risk Index</i>)	Аналіз ризиків, пов'язаних із кліматичними змінами	Економічні втрати та людські втрати, спричинені змінами клімату; частота стихійних лих	Використовується для визначення вразливості країн до кліматичних ризиків.
Індекс енергетичної трилеми [482] (orig. <i>World Energy Trilemma Index</i>)	Оцінка трьох аспектів: енергетична безпека, доступність та екологічна стійкість	Енергетична безпека, доступність енергії, екологічна стійкість	Використовується для оцінки енергетичної політики та її узгодженості з кліматичними цілями.
<i>Цифрові індекси</i>			
Індекс цифрової конкурентно-спроможності світу [258] (orig. <i>World Digital Competitiveness Ranking</i>)	Оцінка цифрової конкурентно-спроможності країн	Знання, технології, готовність до майбутнього	Визначає здатність країни впроваджувати та розвивати цифрові технології.
Індекс розвитку ІКТ [256] (orig. <i>ICT Development Index</i>)	Вимірювання розвитку інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) в країнах	Доступ до ІКТ, використання ІКТ, навички ІКТ	Показує рівень впровадження та розвитку ІКТ у країні.
Індекс цифрової якості життя [170] (orig. <i>Digital Quality of Life Index</i>)	Оцінка складників та загальної якості цифрового життя	Доступність Інтернету, якість Інтернету, електронна інфраструктура, електронна безпека	Відображає рівень доступу громадян до якісних цифрових послуг та Інтернету.
Індекс цифрової економіки та суспільства (розроблено для країн ЄС) [166] (orig. <i>DESI, Digital Economy and Society Index</i>)	Оцінка цифрового прогресу	Цифрові навички, підключення, інтеграція технологій, цифрові публічні послуги, цифровий бізнес	Оцінює комплексний рівень цифрової трансформації країн ЄС

Джерело: сформовано автором на основі [432], [429], [188], [482], [258], [256], [170], [166]

Наведена у таблиці добірка ілюструє певний баланс оцінки кліматичної нейтральності світової економіки з точки зору екологічних «зелених» індексів та індексів цифрового розвитку. Зазначимо, що обрані індекси комплексні за

своїм змістом та охоплюють наскрізні еколого-економічні, інноваційно-технологічні, інфраструктурні та геополітичні критерії.

Зазначимо, що ключовою складністю інтеграції комплексу обраних індексів у загальну методологічну канву дослідження є відмінності у вибірках, зокрема у повноті охоплення країн світу. Наразі спостерігаються значні прогалини у розрахунку глобальних індексів для багатьох країн світу через відсутність доступу до релевантних даних. Зважаючи на це, для зведеної оцінки було систематизовано зазначені індекси для 70 країн світу, які за обсягом викидів вуглецю формують 90% вуглецевого навантаження світової економіки (Додаток Д).

Розглянемо обрані індекси з точки зору їх репрезентативності в методології аналізу зеленого та цифрового розвитку, а також їх відповідності цілям досягнення кліматичної нейтральності, зокрема з акцентом на здатності відображати динаміку цифрової трансформації та екологічної стійкості в контексті сучасних викликів.

Індекс зеленого майбутнього є одним з найбільш комплексних за своїм змістом. Фундаментальні дослідження індексу проводиться за ініціативи МІТ та підтримки міжнародних корпорацій з 2021 року щорічно на основі комбінування методів глибокої аналітики даних та інтерв'ювання світових експертів зі зміни клімату, зеленої енергетики та низьковуглецевих технологій [432]. Нині індекс обмежено 76-ма країнами світу, для котрих проводиться аналіз траєкторії зеленого майбутнього передусім через скорочення викидів вуглецю, розвиток чистої енергії, впровадження інновацій у зелених секторах та збереження навколишнього середовища, а також ступінь впровадження ефективної кліматичної політики урядами цих країн.

Методологія розрахунку Індeksu зеленого майбутнього охоплює 5 вимірів зеленого розвитку: динаміка викидів вуглецю, енергетичний перехід, зелене суспільство, чисті інновації, кліматична політика.

Ранжування країн демонструє значні контрасти у диференціації країн світу за індексом зеленого майбутнього. За результатами оцінки індексу

виокремлюється 4 кластери країн, кожен з яких, у свою чергу, поділяється на 2 підгрупи за медіаною значення індексу у кластері (Рис. 2.14).



Рис. 2.14. Групи країн за Індексом зеленого майбутнього

Джерело: побудовано автором на основі статистики MIT [432]

Як бачимо, зелені лідери – це 20 країн світу з найбільшим прогресом та політичною волею до розвитку зелених ініціатив на низьковуглецевих практик. Досить очікувано, що кластер зелених лідерів представляють країни

Європейського Союзу. У 2023 році до них долучилися Канада та Південна Корея. Країни із середнім рівнем зеленого розвитку – 20 країн, які демонструють певний прогрес у напрямку зеленого майбутнього, але відстають від лідерів за окремими критеріями.

Третя група країн – так звані «кліматичні лаггери» – 20 країн із вкрай повільним чи незначним прогресом у напрямку розбудови зеленого майбутнього, що передусім обумовлюється низьким рівнем реалізації кліматичних політик.

Найбільш критичною за рівнем Індексу зеленого майбутнього є четверта група країн, що утримуються від реалізації світових зелених домовленостей та політик. Серед причин такого ігнорування доречно виокремити власну неспроможність до втілення практик зеленого переходу (левову частку групи формують країни з низьким рівнем доходу), а також відсутність належної усвідомленості та політичної волі в питаннях врегулювання кліматичних викликів, що ускладнюється високою вуглецевою інтенсивністю національних економік (росія, Іран, Туреччина). Остання причина дозволяє віднести країни цієї групи до своєрідних «кліматичних ухлянтів». 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, фрагментарне виконання міжнародних кліматичних угод.

Зазначимо, що до 3 та 4 кластеру, які є найкритичнішими з огляду на забезпечення кліматично-нейтральної економіки, потрапили першочергові контрибутори викидів, а саме Індія (3 група), росія (4 група). 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 групи 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.

ССРІ 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 2.15).

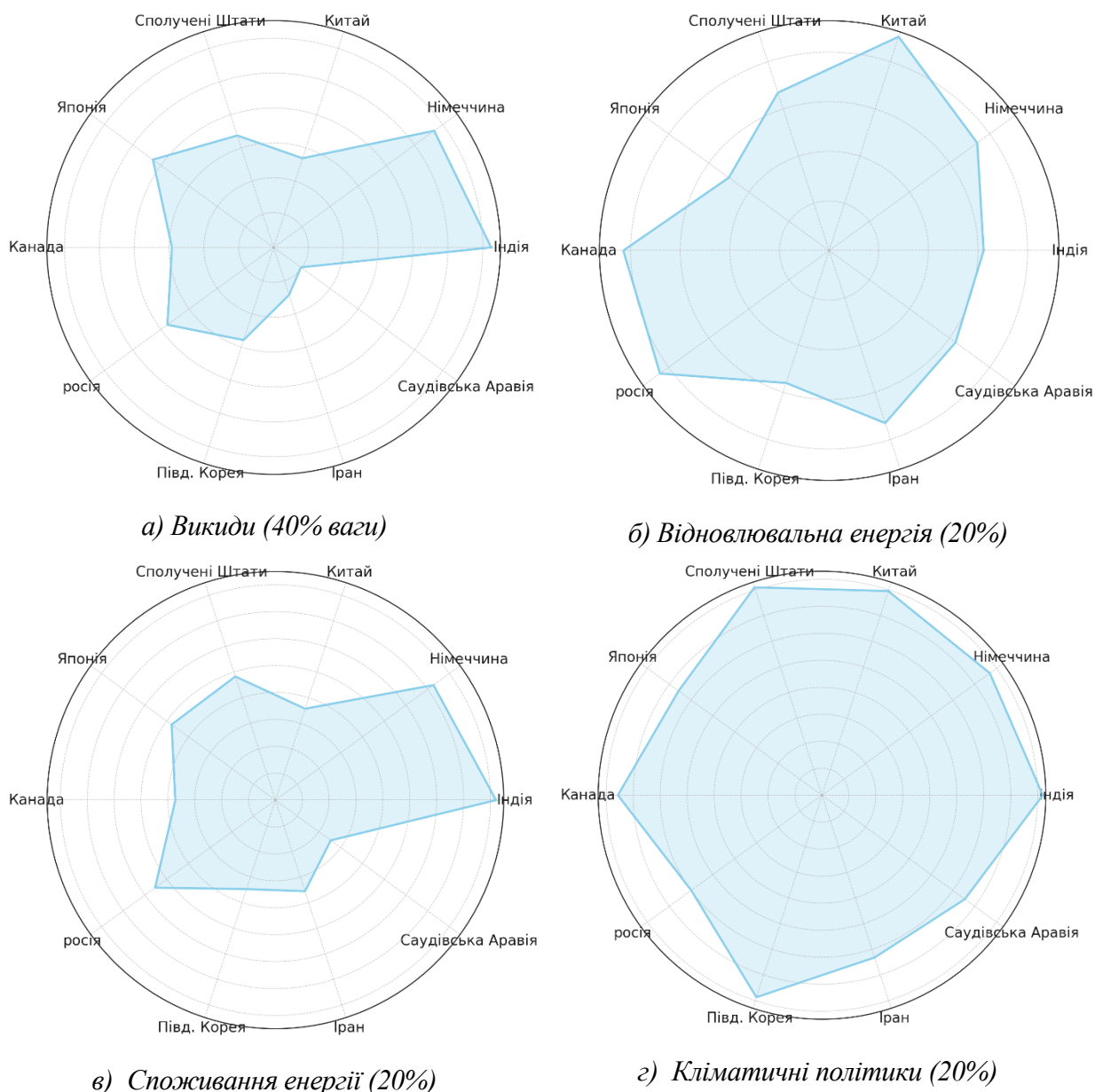


Рис. 2.15. Індекс ефективності пом'якшення зміни клімату для економік країн з найбільшим обсягом генерації вуглецю

Джерело: побудовано автором ССРІ [429]

Зазначимо, що пом'якшення зміни клімату (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 МІТ та кліматичних змін ССРІ 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 [188]. 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 Г. Вона відображає досить чітку поляризацію впливу наслідків зміни клімату у світі за останні 20 років. Країни з низьким рівнем економічного розвитку, що є найменшими котрибуторами 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 [188].

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 [227].

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 [407, 319, 482]:

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 [439]. Зазначимо, що у цьому напрямку проявляється вплив технологічних інновацій та диджиталізації. 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 [267].

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. Виявлено, що проблематика зеленого переходу енергетики у напрямку декарбонізації має певні регіональні особливості.

Нині Європа переосмислює свою енергетичну політику, акцентуючи увагу 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 (Таблиця 2.5).

Таблиця 2.5.

Балансування енергетичного переходу за регіонами світу

Регіон	Проблема в контексті енергетичної трилеми	Кроки та цілі	Розвиток в контексті кліматично-нейтральної економіки
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 автором на підставі аналізу енергетичної трилеми [482]

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 вразливістю ринку. Основні зусилля регіону нині зосереджені на досягненні балансу між доступністю, надійністю та сталістю енергії через упровадження інноваційних політик та технологій.

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 [244]. Залежність окремих сфер від

гідроенергії підкреслює необхідність загальної диверсифікації джерел енергії, зокрема форсованого переходу на альтернативні зелені рішення [353]. 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 [401, 96]. 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 [111]. Континент стикається з делікатним завданням балансування між забезпеченням енергетичної справедливості, відкриття нових можливостей економічного зростання та подолання кліматичних викликів, особливо у сільських районах [331]. 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 вищерозглянутими «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, індекси цифрового розвитку проаналізовано додатково.

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 Д). 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. 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 [293]. 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. 2.16)

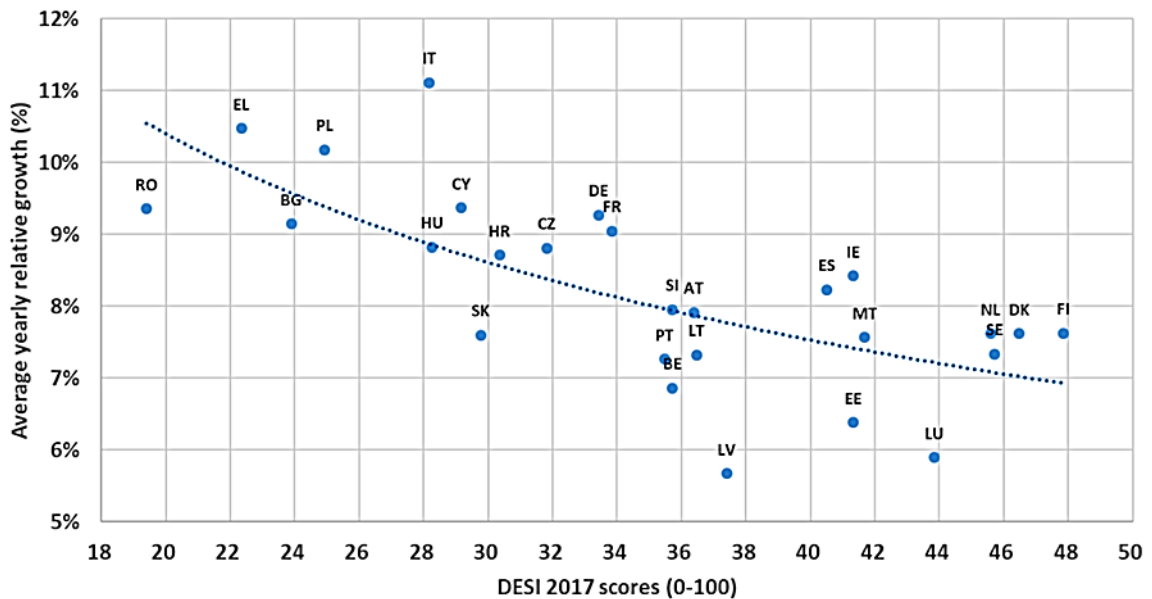


Рис. 2.10. Конвергенція країн ЄС за індексом DESI у 2017-2022 роках

Джерело: Звіт DESI [166]

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 [166] 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.

Зазначимо, що в методології дослідження цей індекс враховано як додатковий з метою розуміння чинників прогресивного цифрового розвитку на прикладі ЄС. Аналіз індексу DESI в ЄС за останні роки дозволяє виокремити кілька напрямків посилення цифрових тенденцій, вони наведені нижче на основі дослідження джерел [166, 129, 406, 356].

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. 2.17).

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. 2.17. Зв'язок індексу DOL з окремими параметрами оцінки

Джерело: побудовано автором на основі даних [170]

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, в контексті методології даного дослідження, 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.

Аналіз бінарних пар різних індексів зеленого та цифрового розвитку за критерієм Пірсона показав наступні особливості зв'язків (табл. 2.6).

Таблиця 2.6.

Матриця парних коефіцієнтів кореляції (коэф. Пірсона)

<i>Індекс</i>	<i>Скор.</i>	I_{GF}	I_{CCPI}	I_{CR}	I_T	I_{DC}	I_{ICT}	I_{DQ}
Індекс зеленого майбутнього	I_{GF}	1						
Індекс ефективності у боротьбі зі змінами клімату	I_{CCPI}	0,39	1					
Глобальний індекс кліматичних ризиків	I_{CR}	0,04	-0,15	1				
Індекс енергетичної трилеми	I_T	0,73	0,04	0,29	1			
Індекс цифрової конкуренто-спроможності світу	I_{DC}	0,55	-0,06	0,33	0,65	1		
Індекс розвитку ІКТ	I_{ICT}	0,38	-0,36	0,38	0,75	0,52	1	
Індекс цифрової якості життя	I_{DQ}	0,81	0,17	0,09	0,89	0,68	0,65	1

Джерело: розраховано автором

Спираючись на класичну шкалу характеристики тісноти кореляційних зв'язків Чеддока, нас основі рис. 2. _ встановлено такі парні залежності:

- 1) висока тіснота зв'язку (коэф. Пірсона $R [0,7 .. 0,9]$) в парах індексів

$$I_{GF} \rightarrow I_T$$

$$I_{GF} \rightarrow I_{DQ}$$

- 2) помітний зв'язок (коэф. Пірсона $R [0,5 .. 0,7]$) в парах індексів

$$I_{GF} \rightarrow I_{DC}$$

$$I_{DC} \rightarrow I_{ICT}$$

$$I_{ICT} \rightarrow I_{DQ}$$

$$I_T \rightarrow I_{DC}$$

- 3) помірний зв'язок (коэф. Пірсона $R [0,3 .. 0,5]$) в парах індексів

$$I_{CR} \rightarrow I_{DC}$$

$$I_{CR} \rightarrow I_{ICT}$$

$$I_{ICT} \rightarrow I_{CCPI}$$

Цікавим виявився факт слабких (несуттєвих) зв'язків між усіма бінарними парами трійки зелених індексів (Індекс зеленого майбутнього, Індекс ефективності у боротьбі зі змінами клімату, Глобальний індекс

кліматичних ризиків), що дозволяє розглядати їх як незалежні та взаємодоповнюючі в дослідженні кліматично-нейтральної економіки з різних ракурсів. Це також є свідченням різних підходів до збору та інтерпретації даних при розрахунку зелених індексів. Водночас, практично усі пари цифрових індексів демонструють помітну тісноту зв'язку, що дозволяє їх розглядати як альтернативні.

Просторовий аналіз бінарних пар індексів зеленого та цифрового розвитку показав наступні актуальні зв'язки (рис. 2.19).

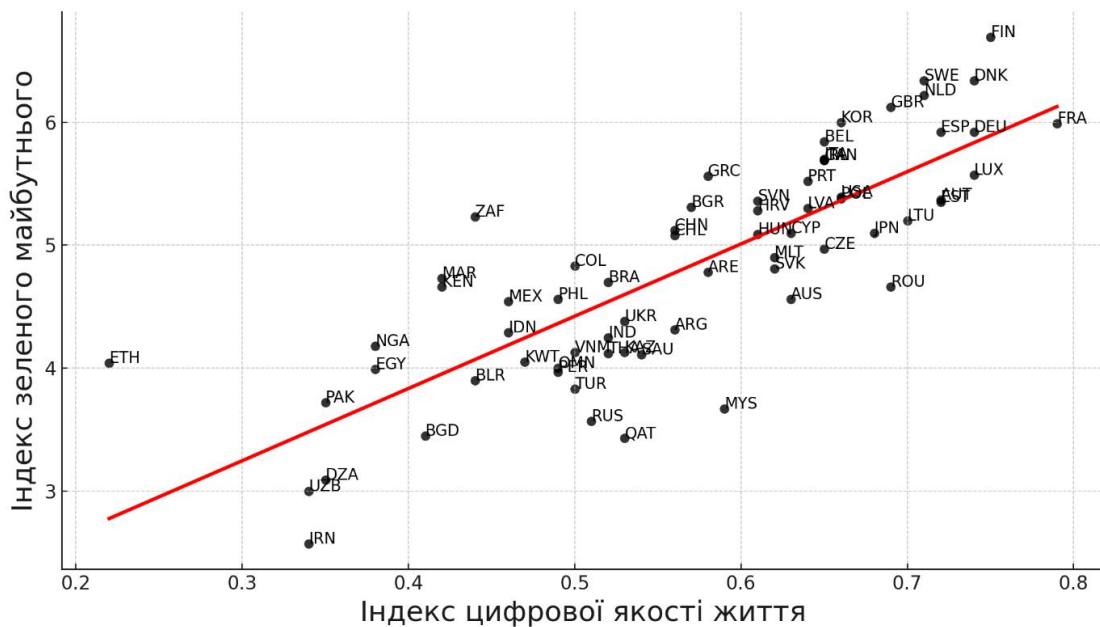


Рис. 2.19. Зв'язок зеленого майбутнього та цифрової якості життя (бінарна пара індексів $I_{GF} \rightarrow I_{DQ}$)

Джерело: розраховано автором

Нині для світової економіки характерною є помітна кореляція між індексом цифрової якості життя та індексом зеленого майбутнього для різних країн. Цей зв'язок свідчить про те, що вищий рівень цифрової якості життя сприяє покращенню показників зеленого розвитку, підтверджуючи загальну гіпотезу про позитивний вплив цифрової трансформації на реалізацію кліматично орієнтованих ініціатив, оптимізацію управління ресурсами та підвищення ефективності використання енергії. Подібний висновок підтверджується іншими парами індексів цифрового та зеленого розвитку (Додаток Д, рис. Д2 – Д5).

Такі країни – зелені лідери, як Данія, Швеція, Нідерланди, Фінляндія, Франція характеризуються високими значеннями індексів і цифрової якості життя, і цифрової конкурентоспроможності, і зеленого майбутнього. Водночас, для країн, які нині демонструють середній рівень за індексом зеленого майбутнього (Греція, Кіпр, Чехія) характерні пропорційно менші значення індексів цифрового розвитку. У цих країнах помірний рівень розвитку в цифровій сфері сприяє екологічному прогресу, але показники залишаються відносно низькими. Це свідчить про потенціал для подальшого вдосконалення у сфері диджиталізації, що може пришвидшити досягнення цілей зеленого розвитку.

Бангладеш, Пакистан, Іран, Нігерія, Єгипет, Колумбія, які значно відстають від світових зелених політик мають відповідно низький рівень цифрової якості життя. Це обмежує їх потенціал у досягненні кліматичних цілей, оскільки цифрова інфраструктура залишається недостатньо розвиненою, що ускладнює впровадження технологічних рішень для підтримки сталого розвитку. Відповідне покращення цифрової якості життя в цих країнах може відіграти важливу роль у стимулюванні екологічних ініціатив та підвищенні їхньої стійкості до кліматичних змін.

Втім, проведений аналіз виявив кілька важливих невідповідностей між індексом цифрової якості життя та індексом зеленого майбутнього, що підкреслюють складний взаємозв'язок між цифровим розвитком та кліматичною стійкістю в різних країнах. Хоча загальна тенденція свідчить про позитивну кореляцію між цими індексами, існують винятки, які вказують на те, що високий рівень цифрової якості життя не завжди гарантує високий рівень зеленого розвитку і, навпаки, високий індекс зеленого майбутнього може спостерігатися при менш розвиненій цифровій інфраструктурі.

Зокрема, Сполучені Штати та Китай мають розвинену цифрову інфраструктуру та високий рівень цифрової якості життя, але при цьому демонструють відносно низькі показники індексу зеленого майбутнього порівняно з країнами ЄС. У випадку США ця невідповідність може пояснюватися викликами у впровадженні екологічної політики, високим

рівнем споживання ресурсів та залежністю від традиційних джерел енергії. Китай, незважаючи на значні інвестиції у цифрову інфраструктуру, стикається з екологічними труднощами через значний рівень викидів та залежність від вугільної енергетики. Подібні невідповідності можна спостерігати і в країнах Перської затоки, таких як Об'єднані Арабські Емірати та Катар, де, попри розвинену цифрову інфраструктуру, зелений розвиток демонструє порівняно низькі оцінки. Аналогічна ситуація простежується для Австралії, яка останні роки перебуває у 3-й групі країн з низьким рівнем зеленого розвитку, але водночас демонструє стійку динаміку зростання у сфері цифрової конкурентоспроможності.

Інша ситуація, коли відносно високий індекс зеленого майбутнього у межах своїх груп демонструють країни низьким рівнем цифрової якості життя. Такими прикладами є Кенія та Філіппіни, які за останні роки піднялися у межах 3 групи країн за Індексом зеленого майбутнього, але не покращили порівняно низькі результати за індексами цифрового розвитку.

Зазначені міркування свідчать про те, що показана залежність «цифровий розвиток - зелене майбутнє» безумовно є істотною, але не забезпечується апріорі. Зв'язок між цифровим та зеленим розвитком обумовлюється специфічними умовами, такими як енергетична політика, наявність природних ресурсів та характер їх використання, рівень технологічного прогресу та готовності до цифрової трансформації. Незважаючи на те, що високі індекси цифрового розвитку здебільшого є передумовою забезпечення сприятливих перспектив зеленого майбутнього, ефективність такої взаємодії потребує додаткової уваги та визначення факторів впливу в контексті динаміки розвитку світової економіки.

Зазначимо, що всі виявлені залежності, отримані на основі просторового аналізу та порівняння індексів, актуальні для поточного рівня розвитку світової економіки. Водночас, це не є «вироком системи», а радше представляє її актуальний стан, що слугує відправною точкою для подальших трансформацій. У поєднанні з аналізом динаміки зміни макропоказників це

дозволить визначити напрямки, в яких доцільно зосередити зусилля для досягнення цілей кліматичної нейтральності світової економіки.

З цією метою у межах методологічної канви дослідження виконано аналіз динаміки ключових макропоказників та сформовано факторне поле для подальшого моделювання зв'язків. Вибір показників було здійснено з огляду на такі аспекти:

1. Комплексний підхід до аналізу впливу. Вибрані показники мають охопити макроекономічний, кліматичний, технологічний та цифровий виміри, що дозволить всебічно оцінити взаємозв'язки між економічним зростанням, технологічним розвитком та екологічною стійкістю. Це важливо для забезпечення цілісного розуміння взаємодії між диджиталізацією та процесами досягнення кліматичної нейтральності світової економіки.

2. Забезпечення релевантних вибірок даних, що відповідають вимогам описової статистики та кореляційно-регресійного аналізу.

3. Фокусування на ключових екологічних факторах у сукупності, зокрема врахування викидів CO₂, споживання відновлюваної енергії та доступу до екологічно чистих видів палива, що впливають на досягнення кліматичної нейтральності світової економіки.

4. Акцент на доступності цифрових технологій. Як показав попередній аналіз складників розрахунку індексів цифрового розвитку, такі критерії як доступ інтернету, стільникового зв'язку та широкосмуговий доступ безпосередньо впливають на рівень розвитку цифрової інфраструктури, цифрової якості життя та цифрової конкурентоспроможності. У цьому контексті доступність цифрових технологій розглядається нами як базова умова для переходу до кліматичної нейтральності.

5. Пріоритетність енергетичного переходу. Як показав аналіз індексу енергетичної трилеми, показники, які пов'язані зі споживанням відновлюваної енергії та доступом до екологічно чистих видів палива, є важливими енергетичного переходу як основи для досягнення кліматичної нейтральності. У цьому напрямку цікаво врахувати нестандартні енергетичні показники. Наприклад, показник доступу до екологічно чистих технологій для

приготування їжі та частки відновлюваної енергії у кінцевому споживанні. Це надасть можливість оцінити, наскільки соціальні аспекти інтегруються в процес енергетичного переходу для досягнення кліматичної нейтральності, особливо у менш розвинених регіонах світу.

Зазначимо, що останній принцип включено до методологічного підходу з огляду на те, що енергетична залежність є одним з ключових предикторів вуглецевої інтенсивності ВВП, що продукують національні економіки. Відповідно, повсюдний перехід на альтернативні джерела енергії – важливий елемент забезпечення кліматичної нейтральності. Однак, такий перехід нині демонструє певну «стелю», що обумовлена фінансовими можливостями, доступом до технологій, готовністю інфраструктури та обізнаністю населення. Таким чином важливо встановити, чи корелює частка споживання відновлювальної енергії з динамікою загального споживання і викидами.

Таким чином, логічна схема показників наступна (рис. 2.20)

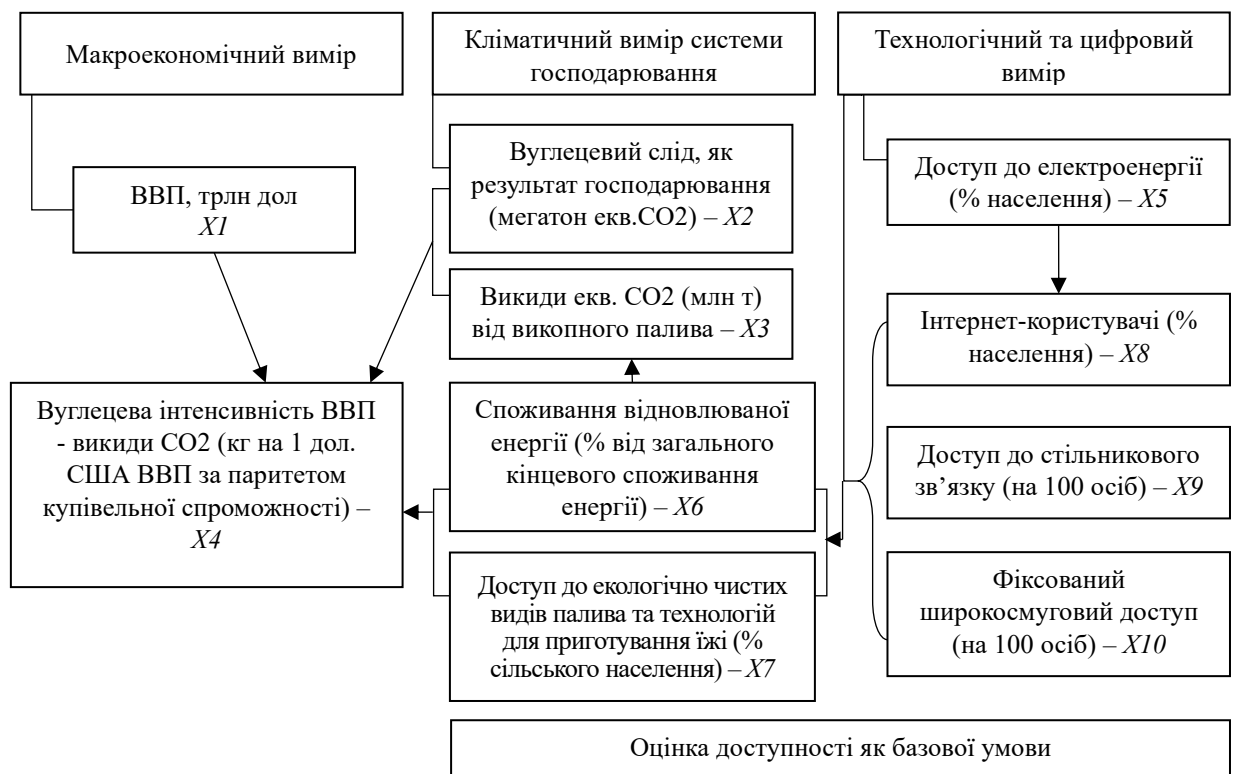
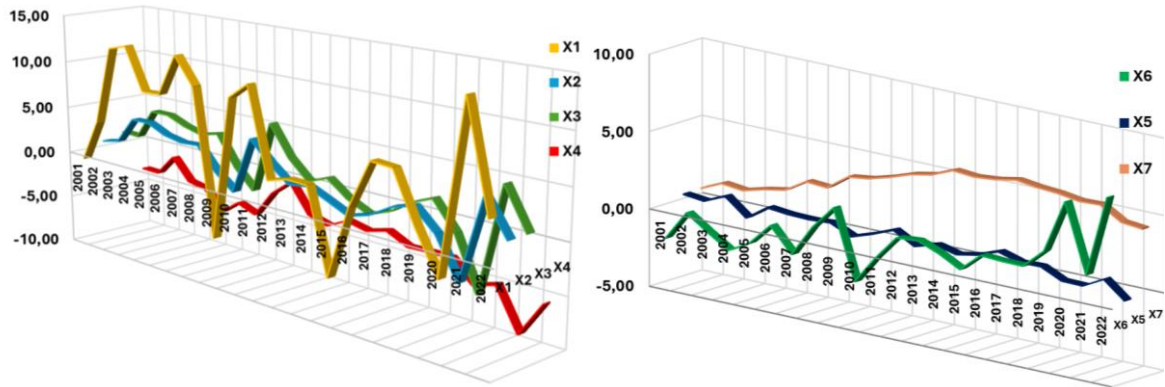


Рис. 2.20. Схема формування показників для аналізу

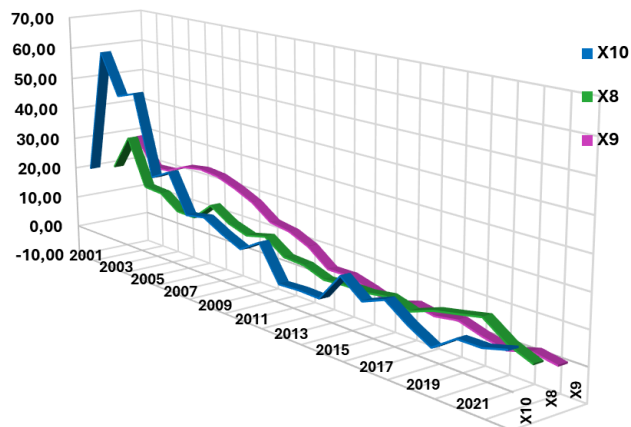
Джерело: складено автором

Впродовж останніх десятиліть зібрані показники (рис. 2.20) демонстрували досить різну, проте характерну динаміку (Додаток Е). Однак, найбільший інтерес дослідження викликає динаміка не скільки абсолютних значень показників, скільки темпи їх приросту (рис. 2.21)



а) ВВП та вуглецева інтенсивність

б) характер споживання енергії та доступ до неї



в) цифровий доступ та охоплення

де X1 - ВВП, трлн дол; X2 - Вуглецевий слід, як результат господарювання (мегатон екв. CO₂); X3 - Викиди екв. CO₂ (млн т) від викопного палива; X4 – Вуглецева інтенсивність ВВП - викиди CO₂ (кг на 1 дол США ВВП за паритетом купівельної спроможності); X5 - Доступ до електроенергії (% населення); X6 - Споживання відновлюваної енергії (% від загального кінцевого споживання енергії); X7 - Доступ до екологічно чистих видів палива та технологій для приготування їжі (% сільського населення); X8 - Інтернет-користувачі (% населення); X9 - Доступ до стільникового зв'язку (на 100 осіб); X10 - Фіксований широкосмуговий доступ (на 100 осіб)

Рис. 2.21. Світова динаміка темпів приросту обраних показників

Джерело: побудовано автором на основі відкритої статистики світового банку

Аналіз показників демонструє важливу тенденцію світової економіки, що має бути врахована в оцінці кліматичної конвергенції. Попри чіткі тренди

збільшення ключових показників (наразі тільки обсяг вуглецевої інтенсивності ВВП за паритетом купівельної спроможності демонструє функціональне зниження), спостерігається суттєве та неоднорідне падіння темпів такого зростання за окремими групами показників. Це проявляється у наступному.

Впродовж останніх двох декад надзвичайно потужний стрибок продемонстрували показники цифрового розвитку, що зросли більше аніж вдесятеро. Частка інтернет користувачів: з 6,7% у 2000 році до 65,01% у 2022 році; доступ до стільникового зв'язку з 12,5 до 108 підписок на кожні 100 мешканців; фіксований широкосмуговий доступ з 0,7 до 18,4 осіб на кожні 100 мешканців. Така динаміка – наслідок стрімкої та всеохоплюючої цифрової трансформації суспільства. Однак, ці ж показники за останні роки демонструють суттєве падіння темпів приросту. Загалом, середньорічні темпи приросту користувачів інтернету знизились у 2,5 рази (з 15,8% на початку 2000х до 6,9% за останні три роки); темпи приросту нових абонентів стільникового зв'язку просіли більш ніж вдесятеро (з 20,3% до 2,4%) і відповідно приріст фіксованого доступу до широкосмугового покриття зменшились учетверо (з 28,3% до 6,8%).

Таке падіння приростів показників цифрового розвитку може свідчити про деяке перенасичення ринку, коли поточний рівень розвитку цифрових технологій увійшов у стадію зрілості і чекає на новий інноваційний стрибок. Іншого боку, такий розподіл може бути свідченням значної асиметрії цифрового розвитку у різних регіонах світу, коли економічно-розвинуті країни забезпечують максимальне цифрове покриття, а країни з низьким рівнем економічного розвитку – застрягли у пастці цифрового розриву.

Цю гіпотезу буде перевірено за результатами оцінки міжрегіонального розподілу цифрових показників та розрахунку моделей бета та сигма конвергенції.

Натомість, спостерігається збіжність динамік коливання світового ВВП та обсягу викидів світової економіки (коефіцієнт кореляції 0,98), що свідчить про усе ще високу залежність світового господарювання від вуглецевомістких

моделей виробництва. Однак, спостерігається позитивний тренд зниження вуглецевої інтенсивності світового ВВП майже вдвічі з 0,49 до 0,21 кг екв.вуглецю на кожен долар ВВП. Цей показник безпосередньо корелює з часткою використання альтернативних джерел енергії (Додаток Е).

Окреслені тенденції потребують врахування розривів глобального розвитку за обраними показниками, які є досить значними. Для подальшої оцінки світової конвергенції їх було розраховано за групами країн у двох вимірах: регіональний та залежно від рівня економічного розвитку країн за класифікацією Світового Банку (вихідна статистика для розрахунку представлена у Додатку Е).

Наступна візуалізація демонструє такі виявлені дисбаланси та розриви глобального розвитку (рис. 2.22).

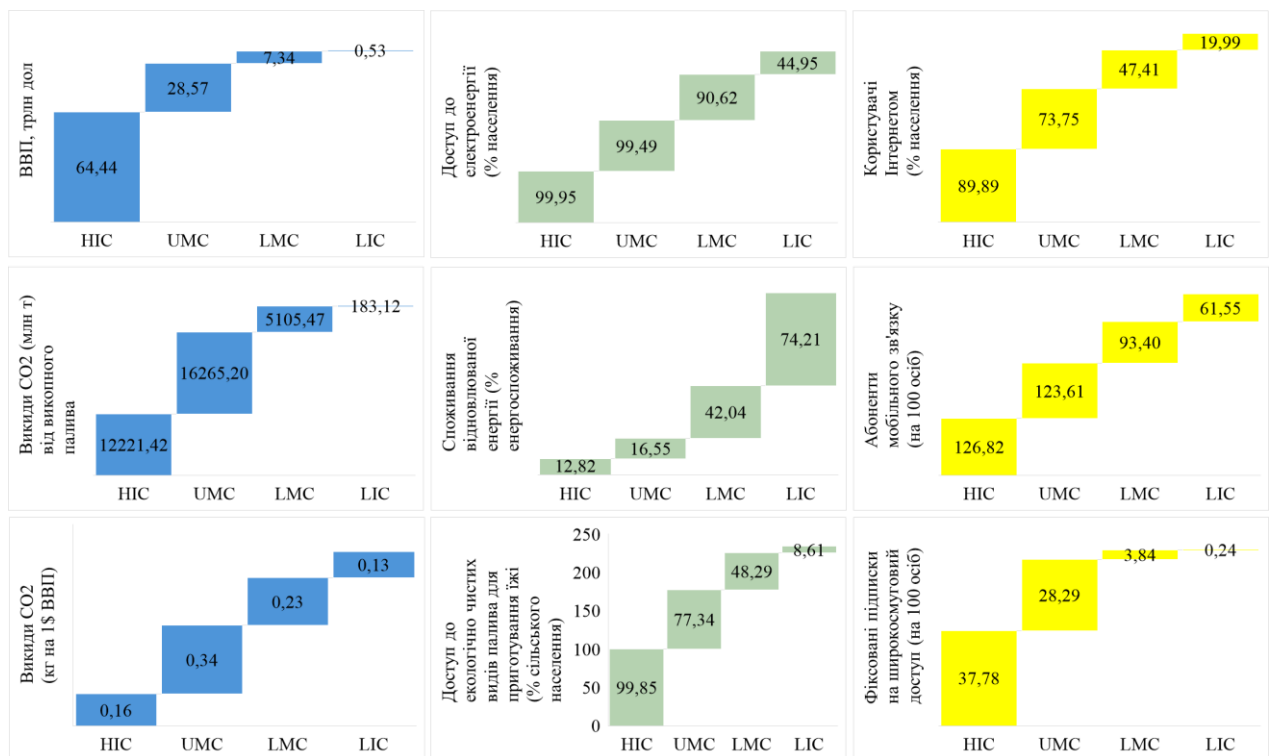


Рис. 2.22 Розриви між групами країн за рівнем економічного розвитку (станом на 2022 рік)

Джерело: побудовано автором на основі статистики світового банку

Як бачимо, за усіма показниками, що були обрані для аналізу кліматичної конвергенції, нині спостерігається нерівномірний розподіл між країнами

залежно від рівня економічного розвитку. Це дозволяє зробити припущення, що економічне багатство країни обумовлює потенціал досягнення кліматичної нейтральності національної економіки на засадах інтеграції цифрових рішень. Водночас, доступ до інтернету залишається базовою умовою розгортання диджиталізації на екосистемному рівні.

Саме за показниками цифрового охоплення спостерігається найбільший розрив між країнами з високим рівнем доходу (89,9% населення є активними користувачами інтернету) та країнами з низьким рівнем доходу (19,9%). Складніша ситуація з доступом до широкопasmового зв'язку, який нині обумовлює можливість високошвидкісного використання мереж, операбельності та можливостей цифрової трансформації у цілому (37,8 підписок на 100 осіб проти 0,24). Найменший розрив спостерігається за рівнем доступу до мобільного стільникового зв'язку, який втім є недостатнім для забезпечення високих стандартів цифрової взаємодії, які диктують високорозвинені країни-лідери цифрового переходу. Варто підкреслити, що суттєвий розрив в інтернет покривті присутній в країнах з рівнем доходу нижче середнього (всього 47,4% населення мають доступ до інтернету), що створює перешкоди до широкої інтеграції цифрових практик.

Особливої уваги в питаннях міжнародного кліматичного регулювання заслуговують країни групи з доходом вище середнього, які формують найбільшу частку (35%) вуглецевого сліду світової економіки. Водночас, вони демонструють суттєве відставання за рівнем скорочення вуглецевої інтенсивності ВВП, мають найвищий рівень загального споживання енергії при найнижчому рівні доступу до відновлювальних джерел, а також демонструють низькі темпи зростання за цифровими показниками. Це є негативним маркером можливих дивергентних процесів у спільному русі до кліматичної нейтральності.

2.3. Методологічний підхід до побудови емпіричної моделі світової кліматичної конвергенції

Аналіз динаміки вуглецевого сліду світової економіки свідчить про те, що рівень консолідації міжнародних зусиль поки що не дозволяє говорити про досягнення багатосторонньої згоди, рівномірності та збіжності у досягненні кліматичної нейтральності. Хоча ЄС пропонує цілий комплекс рішень для досягнення «чистого нуля» викидів, їх повна реалізація на практиці можлива лише для високо розвинутих країн світу. Водночас, більшість країн, що розвиваються, демонструє обмежену спроможність в питаннях впровадження ефективної кліматичної політики без суттєвої зовнішньої підтримки. Окрім того, кліматична криза все більш ускладнюється тривалою залежністю національних економік від викопних видів палива, геополітичною нестабільністю, фрагментарністю регуляторних політик, недостатнім технологічним потенціалом та відносно високою капіталомісткістю зеленого переходу, особливо для тих галузей, що є найбільшими світовими забруднювачами.

У світлі цих міркувань вирішальним і надзвичайно важливим викликом у забезпеченні кліматичної нейтральності світової економіки є необхідність дотримання міцних зобов'язань зі зниження викидів з-боку міжнародних гравців. Ефективність та консолідованість таких зобов'язань безпосередньо відображається у міжнародній конвергенції країн у напрямку їх спільного руху до «чистого нуля» викидів.

Відтак, конвергенція проявляється передусім у процесах активного залучення країн до глобального пошуку шляхів досягнення кліматичної нейтральності. Наявність конвергенції є важливим показником досягнення балансу між довгостроковою кліматичною стійкістю окремих індустрій та їх продуктивністю. Мультилатеральність – основа цього руху.

Побудова моделі кліматичної конвергенції – можливість емпіричної оцінки прогресу міжнародної динаміки зниження викидів та консолідації

зусиль в напрямку кліматичної нейтральності світової економіки. Така модель передбачає формулювання рекомендацій щодо факторів конвергентно-дивергентних процесів світової економіки на шляху до скорочення викидів у їх логічному взаємозв'язку з імплементацією глобальних екологічних ініціатив, які накладають відповідальність на країни згідно з відповідними міжнародними угодами в ЄС та у всьому світі.

Варто підкреслити, що тема глобальної та регіональної конвергенції періодично обговорюється в академічних колах. Сучасні дослідники розглядають глобальну конвергенцію в контексті формування політики, регіональної інтеграції та, зокрема, екологічних міркувань.

Перспективність використання моделі конвергенції для оцінки рівномірності та гармонійності спільного руху країн до кліматичної нейтральності обумовлюється досвідом використання конвергенції відносно різних наукових напрямків.

Професор Трамелль С. розглядає конвергенцію як стратегічну відповідь на глобальні кризи. Він висуває ідею, що конвергенція - це спільність розрізнених рухів за соціальну справедливість (особливо екологічних, етнічних), що об'єднує людські зусилля задля подолання спільних викликів, таких як зміна клімату, експлуатація ресурсів та соціальна нерівність [451]. Це підкреслює стратегічне значення конвергенції в питаннях підвищення ефективності політичної та соціальної активності.

Аналіз джерел показує, що при оцінці конвергенції важливо враховувати наступні аспекти:

- 1) Необхідно забезпечити глибину історичного огляду. Важливо оцінювати конвергенцію та дивергенцію процесів на основі широкої вибірки інформації та історичного контексту міжнародних подій [419, 231].

- 2) Економічну конвергенцію слід оцінювати не лише за очевидними показниками дохідності. Так, концепція професора Чакраборті, пропонує включати так звані "реальні" вимірники для оцінки конвергенції, як-то харчування, здоров'я, освіта, викиди вуглецю, житло тощо [135]. Таким чином,

він представляє методологію оцінки конвергенції між регіонами, підкреслюючи, що справжній добробут виходить за рамки виключно економічних показників і включає ширші аспекти якості життя.

3) Незважаючи на міждисциплінарний характер конвергенції, дуже важливо зберігати ключовий фокус аналізу та досліджувати його протягом декількох десятиліть. Наприклад, Мареллі та ін. аналізують економічну конвергенцію в межах Європейського Союзу та Єврозони, зосереджуючись на реальному та умовному зближенні доходів на душу населення [317]. Глибокі вибірки дають змогу дискутувати щодо впливу різних кризових явищ на процеси конвергенції, зокрема, підкреслити повільнішу конвергенцію в Єврозоні порівняно з ЄС в цілому. Іншим прикладом є праця Кінфемайкла, що досліджує продуктивність праці з 1991 по 2016 рік у різних секторах, він зосереджується саме на ролі сектору послуг у глобальній конвергенції продуктивності праці, припускаючи зміну галузевої структури економік, що впливає на загальну продуктивність [278].

Перша глибока спроба розкрити сутність конвергенції у сфері міжнародного кліматичного регулювання належить Хьоне та ін. Вони запровадили концепцію "спільної, але диференційованої конвергенції (CDC)" в рамках міжнародної кліматичної політики [250]. Цей підхід спрямований на гармонізацію квот на викиди на душу населення країн за результатами визначення періодів конвергенції, коли квоти зближуються до низького рівня більш-менш рівномірно в усьому світі. Однак, загальна ефективність CDC підходу залежить від переконливих механізмів для забезпечення участі та дотримання кліматичних вимог країнами, які розвиваються, адже їх участь у квотах на викиди на практиці є «добровільною».

Зважаючи на це, Браун та ін. обговорюють кліматичну конвергенцію виключно в контексті фізичних предикторів і наслідків антропогенної зміни клімату, таких як обсяг викидів, метеорологічні явища, погодні умови тощо [408]. З іншого боку, Вілсон навпаки використовує конвергенцію для опису міждисциплінарного підходу до досліджень, який об'єднує різні наукові

дисципліни для вирішення складних суспільних проблем, таких як зміна клімату [477]. Сан та ін. створили концепцію "конвергенції екологічної ефективності", яка залежить від промислової структури, глобалізації та індексу споживчих цін [419].

Варто також відзначити дослідження Liu D., який використовує саме обсяги викидів вуглецю як основу для вивчення конвергенції регіонів Китаю [295]. Це обґрунтовується тим, що завдяки скороченню викидів вуглецю, прийняттю диференційованої політики, регулюванню масштабів промисловості та підвищенню технологічної інтенсивності промисловості, глобальне виробництво може підвищити енергоефективність та сприяти якісному кліматично-нейтральному економічному розвитку. Водночас, при оцінці конвергенції слід враховувати можливість утворення "закритого клубу" між окремими регіонами або так званої клубної конвергенції [276].

Незважаючи на широкий спектр наукових ідей, варто акцентувати увагу на практичній відсутності досліджень, присвячених структурованій оцінці кліматичної конвергенції світової економіки за певними базисними показниками глобальної декарбонізації у міжрегіональному та кросгалузевому вимірах. Щодо наведених вище досліджень конвергенції між країнами ЄС в інших секторах економіки, зазначимо, що обрані вибіркові періоди є фрагментарними та не пов'язані з формотворчими подіями, що також не дозволяє простежити причинно-наслідкові зв'язки та оцінити результативність консолідованих зусиль міжнародної спільноти. Зазначені аспекти були враховані надалі.

Методологічний підхід до побудови моделі кліматичної конвергенції дослідження включає як якісний, так і кількісний аналіз.

Якісний переріз передбачає врахування комплексного характеру природи конвергентних процесів у сфері міжнародного кліматичного регулювання (рис. 2.23).



Рис. 2.23. Виміри конвергенції світової економіки у напрямку досягнення «чистого нуля» викидів

Джерело: складено автором

Емпірична оцінка конвергенції ґрунтується на ідеї застосування відомих математичних моделей сигма- та бета-конвергенції для наскрізного аналізу міжрегіональної збіжності за темпами та обсягами скорочення вуглецевого сліду, як маркера досягнення кліматичної нейтральності світової економіки.

Враховуючи новизну підходу нашого дослідження, вважаємо за необхідне окреслити фундаментальні аспекти методології побудови моделей сигма (σ) та бета (β) конвергенції для дослідження конвергентної динаміки вуглецевого сліду світової економіки. Зазначимо, що концепція конвергенції використовується для дослідження відмінностей у соціально-економічному розвитку між регіонами чи країнами, і ґрунтується на ідеї, що показники регіонального розвитку з часом мають тенденцію до зближення до певного рівня.

Отже, провідна задача – встановити наявність конвергенції або дивергенції між країнами світу за ознакою гармонійного спільного зниження викидів, що дозволить оцінити загальний потенціал досягнення кліматичної нейтральності на глобальному рівні.

Методологічний підхід до побудови моделі світової кліматичної

конвергенції спирається на такий алгоритм (рис. 2.24).

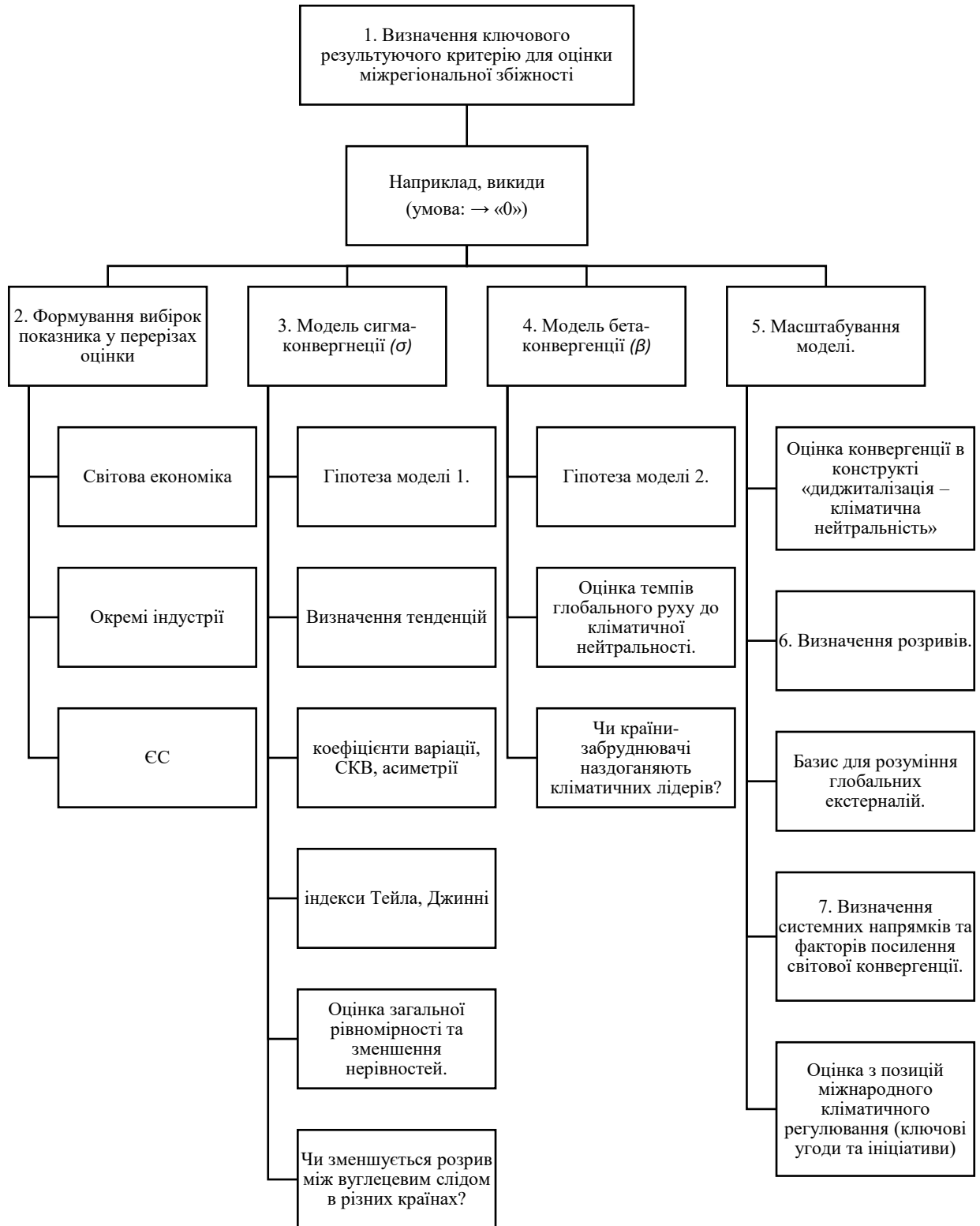


Рис. 2.24. Алгоритм побудови моделі світової кліматичної конвергенції

Джерело: складено автором

Наведена схема включає сім опорних точок. Власне процедура моделювання спирається на класичні математичні інструменти, описані в

декількох наукових роботах [400, 340, 287]. Математичний апарат було використано для оцінки світової кліматичної конвергенції на основі вибірок динаміки вуглецевого сліду світової економіки у таких вимірах:

- глобальний масштаб (194 країни, що впродовж останніх 50 років надають релевантні дані про викиди);
- країни ЄС, додатково позиціонування України;
- міжнародний галузевий переріз вуглецевого сліду (світові індустрії).

Ключова відмінність моделей полягає у тому, що сигма-конвергенція спирається на оцінку схожості країн за певним показником, рівномірність його зниження або підвищення та зменшення нерівностей. Бета-конвергенція фактично показує швидкість такого зближення через порівняння темпів зростання чи падіння певного показника.

Це дозволяє обґрунтувати дві важливі гіпотези.

Гіпотеза 1. За умов встановлення ознаки існування сигма-конвергенції економіки стають більш схожими одна на одну в контексті скорочення викидів та забезпечення кліматичної нейтральності, а дисперсія викидів з часом зменшується.

Гіпотеза 2. Країни з високим початковим вуглецевим слідом економіки спроможні рухатись до нуля викидів навіть швидше, аніж країни з початково нижчими обсягами викидів. Це веде до зближення рівнів вуглецевої генерації і досягнення кліматичної нейтральності на глобальному рівні.

У дослідженні використовується наступна авторегресійна модель сигма-конвергенції:

$$\sigma_t^2 = b \cdot \sigma_{t-1}^2 + \sigma_e^2, \quad (1)$$

де σ_t^2 - дисперсія досліджуваного показника в момент часу t . У контексті цього рівняння, вона відзеркалює поточну варіабельність викидів серед усієї вибірки країн;

b – коефіцієнт авторегресії моделі. Він фактично показує, яка частина дисперсії в попередній період σ_{t-1}^2 впливає на поточну дисперсію. Цей

коефіцієнт відіграє ключову роль у визначенні стійкості дисперсії викидів у часі та є індикатором сигма-конвергенції. Якщо b менше за 1, то дисперсія зменшується з часом, що вказує на конвергенцію викидів у досліджуваній вибірці країн.

σ_e^2 – це фактично дисперсія випадкової похибки моделі в часі t (стохастичний елемент моделі), що враховує випадкові шоки або варіації, які не можуть бути пояснені минулою дисперсією.

Інтерпретація: висновок про наявність σ -конвергенції можна зробити, якщо $0 < b < 1$, що свідчить про тенденцію до зменшення відмінностей між країнами в динаміці вуглецевого сліду їх економік.

Зазначимо, що констатація факту наявності чи відсутності конвергенції на основі виключно коефіцієнта b (сигма-конвергенції) може виявитися недостатньою для більш глибокого розуміння специфіки глобальної тенденції викидів, зокрема їх асиметрії, нерівності та концентрації в окремі періоди часу.

Ці знання можуть виявитися особливо цінними для оцінки динаміки викидів в контексті міжнародних угод та обґрунтуванні управлінських урядових рішень, коли конвергенція встановлена неявно (наприклад, коефіцієнт сигма-конвергенції близький до 0).

Враховуючи викладене вище, додатково до моделі сигма-конвергенції було розраховано набір класичних статистичних показників для оцінки рівня консолідації та згладжування динаміки викидів між різними країнами:

1. Коефіцієнт середньоквадратичного відхилення (K_{dev}) відображає однорідність всередині сукупності об'єктів і використовується для оцінки розподілу викидів в різних країнах за класичною формулою.

$$K_{dev} = \sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - y_{mean})^2}, \quad (2)$$

де y_i та y_{mean} – показник, за яким оцінюється збіжність, наприклад обсяг вуглецевого сліду країни (поточний і середній відповідно).

2. Коефіцієнт асиметрії (A) ілюструє асиметрію розподілу, що вказує на нерівномірність розподілу викидів між країнами у вибірці, слугує

орієнтиром симетричного руху до зниження вуглецевого сліду світової економіки.

$$A = \frac{\mu_3}{\sigma^3} = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - y_{mean})^3}{\sigma^3}, \quad (3)$$

3. Індекс Джині (I_G) використовується для визначення середнього співвідношення країн з високим рівнем викидів до країн з низьким рівнем викидів. Він дозволяє оцінити ступінь нерівності у розподілі викидів між окремими державами в загальній сукупності викидів світової економіки. Індекс варіюється від 0 до 1, де 0 відповідає абсолютній рівності (кожна країна вносить відносно однакову частку викидів), близький до 1 - абсолютній нерівності (одна країна або обмежений клуб країн відповідальні за весь вуглецевий слід світової економіки).

$$G = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n |y_i - y_j|}{2 \cdot n^2 \cdot y_{mean}}, \quad (4)$$

де y_i, y_j – обсяги викидів країн. У контексті Індексу Джині, обидві ці змінні використовуються для розрахунку сумарної абсолютної різниці між всіма можливими парами країн, що дає можливість оцінити загальну нерівність розподілу викидів світової економіки.

y_{mean} - середні викиди, виходячи з кількості країн n у вибірці.

4. Індекс Тейла (I_T) відображає ступінь нерівності і зазвичай використовується для визначення ступеня концентрації викидів.

$$T = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{y_i}{y_{mean}} \ln \left(\frac{y_i}{y_{mean}} \right), \quad (5)$$

y_i – обсяги викидів країни i ; y_{mean} – середні викиди по країні.

Ці індекси допомагають оцінити, наскільки нерівномірно розподілені викиди між країнами, дозволяючи оцінювати результативність міжнародних угод і політик зі зменшення викидів аграрної економіки в динаміці. Це є

підставою для коригування стратегій кліматичного регулювання на міжнародному рівні.

Модель бета-конвергенції ґрунтується на сигма-моделі для визначення країн, регіонів або клубів країн, які продукують найбільші викиди, але водночас демонструють багатообіцяючі темпи скорочення викидів. Це контрастує з країнами, які вже досягли значного прогресу у просуванні до «чистого нуля» викидів. Бета-конвергенція також дозволяє визначити країни, які лідирують у переході до кліматичної нейтральності, а також ті, які гальмують загальний прогрес і сприяють дивергенції.

Серед різних інтерпретацій моделі бета-конвергенції в дисертаційному дослідженні обрано регресійну модель Баумоля:

$$\ln\left(\frac{y_{i,T}}{y_{i,0}}\right) = \alpha + \beta \cdot \ln y_{i,0} + \varepsilon, \quad (6)$$

де $y_{i,T}$ - темп приросту показника i -ої країни в момент часу T ;

$y_{i,0}$ - темп приросту показника i -ої країни в початковий момент часу;

α, β - параметри моделі; ε - випадкова складова (похибка).

Інтерпретація: наявність бета-конвергенції підтверджується, якщо оцінений коефіцієнт $\beta < 0$ і є статистично значущим. Це свідчить про тенденцію до зменшення диференціації викидів між економіками досліджуваних країн за рівнем викидів.

Отримані моделі пропонується оцінити в наступних періодах, для яких були сформовані відповідні вибірки викидів CO₂:

Точка 1. 1972 рік - Стокгольмська конференція ООН. Вибірка - 1972-2022 роки.

Точка 2. 1992 рік - Конференція ООН в Ріо-де-Жанейро, Саміт Землі. Вибірка - 1992-2022 роки.

Точка 3. 2005 - Кіотський протокол. Вибірка 2005-2022 рр.

Точка 4. 2015 рік - Паризька угода. Вибірка 2015-2022 рр.

Точка 5. 2019 рік - Зелений курс ЄС. Ця точка враховується в оцінці конвергенції, але модель для неї наразі будувати недоречно з огляду на

невеликий часовий інтервал вибірки, який поки що не дозволяє отримати релевантні результати моделювання.

Ці точки були обрані відповідно до ключових глобальних зелених ініціатив, які сприяють багатостороннім зусиллям у боротьбі зі зміною клімату та перегляду економічної парадигми.

У контексті кліматично-нейтральної економіки ключовим індикатором емпіричної оцінки конвергенції є обсяг викидів парникових газів в еквіваленті 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 різним рівнем економічного розвитку [295]. Це забезпечує достатню об'єктивність і точність оцінок.

По-друге, динаміка викидів CO₂ у підсумку є результируючим індикатором впливу економічної діяльності на зміну клімату [459]. Моніторинг викидів дозволяє оцінити прямий вплив діяльності окремих країн, регіонів чи індустрій, що має вирішальне значення для розуміння того, наскільки ефективно кожен актор міжнародних відносин просувається до кліматичної нейтральності.

По-третє, викиди CO₂ можна розглядати як індикатор технологічної адаптації та інновацій, адже вуглецева інтенсивність господарства у тій чи іншій сфері є наслідком застосування обраних технологій, сталих практик та впровадження інновацій [492]. 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, які спрямовані на посилення координації між країнами в питаннях обміну технологіями, спільних ініціатив та дотримання міжнародних зобов'язань.

Зазначимо, що вибірки даних для дослідження конвергенції були сформовані з використанням відкритих великих даних зі звіту [225], що випускається щорічно під патронатом Європейської Комісії та містить загальноприйняту в світі методологію збору даних про викиди вуглецю з різних секторів економіки.

Окрім зазначених кількісних аналітичних методів, було використано якісний ретроспективний та індуктивний аналіз. Такий комплексний підхід дозволив оцінити результати моделі конвергенції, оцінити динаміку спільного розвитку країн, ефективність політики та консолідованість зусиль у сфері декарбонізації. Крім того, він дозволив окреслити фактори, що впливають на конвергентні та дивергентні процеси на шляху до кліматичної нейтральності світової економіки. Зокрема, спільні міжнародні програмні ініціативи, розуміння цілей декарбонізації та потенціал підтримання стабільних темпів скорочення викидів, технологічні та інноваційні бар'єри, застосування розумних технологій, кризові флуктуації економіки та енергоспоживання, зміна політик енергоефективності та ін.

Зазначимо, що описаний підхід до побудови моделей конвергенції також може бути масштабовано на інші дотичні сфери, зокрема застосовано для оцінки прогресивного «зближення» країн світу за показниками цифрового розвитку за умов формування релевантних вибірок.

Окреслені тенденції взято до уваги при подальшому моделюванні світової кліматичної конвергенції світової економіки, як орієнтири дослідження комплексних взаємозв'язків та впливів.

Висновки до розділу 2

Дослідження глобального конструкту «диджиталізація - кліматична нейтральність» світової економіки базується на тріангуляції різних наукових підходів, що є особливо актуальним у дослідженні наукових проблем з міждисциплінарним дискурсом. Показано, що комплексність та валідність

аналізу здійснюється через три основні компоненти: 1) теоретична триангуляція, яка включає використання різних світоглядних моделей для пояснення ролі цифрових технологій у досягненні кліматичної нейтральності; 2) триангуляція методів, що включає описову статистику, кореляційно-регресійний аналіз, просторовий аналіз, кейс-стаді, контент-аналіз та інші кількісні і якісні методи; та 3) триангуляція джерел даних, що базується на використанні глобальних і регіональних баз даних різної природи, а також експертних оцінок.

Виконано квантитативний аналіз кліматично-нейтральної економіки в контексті процесів диджиталізації, який охопив три основні блоки: 1) аналіз поточного стану цифрового та зеленого розвитку на основі співставлення глобальних індексів; 2) динамічний аналіз макропоказників для виявлення довгострокових тенденцій і закономірностей; 3) моделювання для виявлення ключових зв'язків та їх характеру.

Дослідження бінарних пар індексів зеленого та цифрового розвитку показало, що у цілому у світі спостерігається відчутна тенденція до зміцнення позицій країн у рейтингах зеленого майбутнього на тлі посилення процесів цифрової трансформації. Показано, що висока цифрова конкурентоспроможність країн, якість цифрового життя та рівень розвитку ІКТ безпосередньо впливають на зростання оцінок у рейтингах зеленого майбутнього та енергетичної трилеми. Встановлено, що пряма залежність характерна для групи країн – зелених лідерів (Данія, Швеція, Нідерланди, Фінляндія, Франція); обернена - для групи країн, які значно відстають від кліматичних політик (Бангладеш, Пакистан, Іран, Нігерія, Єгипет, Колумбія). Водночас, ідентифіковано важливі розбіжності у групах країн, що підкреслюють складний взаємозв'язок між цифровим розвитком та кліматичною стійкістю. Виявлено значний розрив, який демонструють Сполучені Штати та Китай, що мають розвинену цифрову інфраструктуру та високий рівень цифрової якості життя, але при цьому демонструють відносно низькі показники індексу зеленого розвитку порівняно з країнами ЄС. Ситуація характерна для країн Перської Затоки та Австралії, що потребує

глибшого аналізу в'язків. У цілому показано, що ключові дисбаланси показників (макроекономічні, екологічні, цифрові, енергетичні) спостерігаються між групами країн за рівнем економічного розвитку.

Розроблено алгоритм побудови емпіричної моделі світової кліматичної конвергенції, що дозволяє виявити тенденції зближення країн у напрямку досягнення кліматичної нейтральності світової економіки. Обґрунтовано, що кліматична конвергенція є важливим індикатором для розуміння, у яких обсягах і наскільки швидко країни адаптуються до глобальних вимог зниження викидів. Показано, що консолідованість та результативність таких зобов'язань у глобальному вимірі може бути визначена та репрезентована на основі аналізу міжнародної конвергенції. Підхід засновано на побудові класичних математичних моделей сигма (σ) та бета (β) конвергенції, що дозволяє ідентифікувати наявність позитивної (конвергентної) або негативної (дивергентної) тенденції за широкою вибіркою країн стосовно їх мультилатерального руху до «чистого нуля» викидів світової економіки за характеристиками їх збіжності у цьому процесі. Сигма модель є по суті моделлю авторегресії і характеризує загальну динаміку досягнення кліматичної нейтральності за характеристиками асиметрії, варіації, ентропії та рівномірності зниження викидів. Бета-модель дозволяє визначити позиції окремих держав відносно лінії конвергенції. Умовою конвергенції є значення коефіцієнта сигма-моделі ($\beta < 0$), бета-моделі ($0 < \beta < 1$). Пропонується визначити параметри моделей для різних віх ключових міжнародних зелених угод, для яких формуються відповідні вибірки: Точка 1. Стокгольмська конференція ООН. Вибірка - 1972-2022 роки; Точка 2. Конференція ООН в Ріо-де-Жанейро, Саміт Землі. Вибірка - 1992-2022 роки; Точка 3. Кіотський протокол. Вибірка 2005-2022 рр.; Точка 4. Паризька угода. Вибірка 2015-2022 рр. Окреслено фактори, що сприяють кліматичній конвергенції у цифровому, економічному, політичному та соціальному рівнях.

Основні наукові результати, представлені в розділі 2, опубліковано в таких працях автора: 39, 44, 45, 50, 51, 55, 57, 58, 251, 254, 283, 304

РОЗДІЛ 3. КОНВЕРГЕНЦІЯ СВІТОВОЇ ЕКОНОМІКИ НА ШЛЯХУ ДО КЛІМАТИЧНОЇ НЕЙТРАЛЬНОСТІ

3.1. Тенденції конвергентних процесів у глобальному вимірі та позиціонування країн світу у цьому процесі

Кліматична конвергенція світової економіки характеризує процес, при якому економіки різних країн гармонізують свої зусилля та політики з метою зниження викидів парникових газів та досягнення кліматичної нейтральності. Це передбачає спільну реалізацію технологічних, економічних і політичних заходів, програм та інструментів для спільного досягнення «чистого нуля» викидів, враховуючи різні стартові позиції країн.

Виявлення конвергентних і дивергентних тенденцій дозволяє розмежувати країни-лідери, які можуть слугувати локомотивом глобального кліматичного руху, і країни, що наразі з різних причин відстають у зниженні викидів за обсягами та темпами, потребують особливої підтримки. Таке партнерство має вирішальне значення, оскільки від цього залежить кінцевий результат руху до «чистого нуля» всієї світової економіки [114]. Відтак принцип спільної відповідальності є наскрізним у забезпеченні конвергентного руху до «чистого нуля» викидів. З іншого боку, розуміння конвергенції є фундаментальним для розробки міжнародної цілеспрямованої політики, стимулювання інновацій, оцінки прогресу на шляху до кліматичної нейтральності та перегляду світових кліматичних цілей у бік більш реалістичних.

Відповідно до методологічного підходу емпіричної оцінки світової конвергенції, викладеного у підрозділі 2.3., побудова моделі кліматичної конвергенції передбачає врахування ситуаційних аспектів загальної динаміки вуглецевого сліду світової економіки та суміжних показників.

Важливо розуміти світову міжрегіональну диференціацію щодо того, як різні країни досягають нульових викидів та інтегрують принципи зеленого зростання. 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.

Впродовж останніх десятирічч на міжрегіональному відбулись три трансформаційні взаємозалежні зсуви, які обумовлюють вихідні умови формування конвергентної динаміки (рис. 3.1).



Рис. 3.1. Трансформаційні зсуви ключових показників у міжрегіональному вимірі

Джерело: побудовано автором на основі Global Carbon Budget [227]

Наведені динаміки характеризують макроекономічне зростання у розрізі вуглецевого навантаження. За останні 30 років світова економіка

продемонструвала значне зростання ВВП (уп'ятеро), яке характеризувалась зміною акцентів індустріального лідерства з ЄС до Північної Америки та Східної Азії. Таке зростання супроводжувалось значним збільшенням вуглецевої інтенсивності ВВП у цих регіонах, що свідчить про недостатню увагу до питань зеленого переходу та збереження старих кліматично агресивних виробничих практик, які використовувались державами в моделях економічного зростання. Цю ситуацію підтверджує відзеркалення вуглецевого сліду світової економіки «із Заходу на Схід» - вуглецеве навантаження Південної Азії зросло у 4,5 рази; Східної Азії у 3,4 рази на тлі скорочення викидів Європи на 20% (1,3 рази) та значного стримування викидів країнами Північної Америки (зростання лише 5%).

Якщо у 1990 році левову 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 ВПП. 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 – яким чином досягти декарбонізації світової економіки при одночасному нарощуванні темпів світового виробництва та забезпеченні подальшого економічного зростання в екологізації валового продукту держав.

Для цього важливо розкласти структуру вуглецевого сліду світової економіки за найбільшими контрибуторами викидів серед країн. Отримана структура (рис. 3.2) – 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.

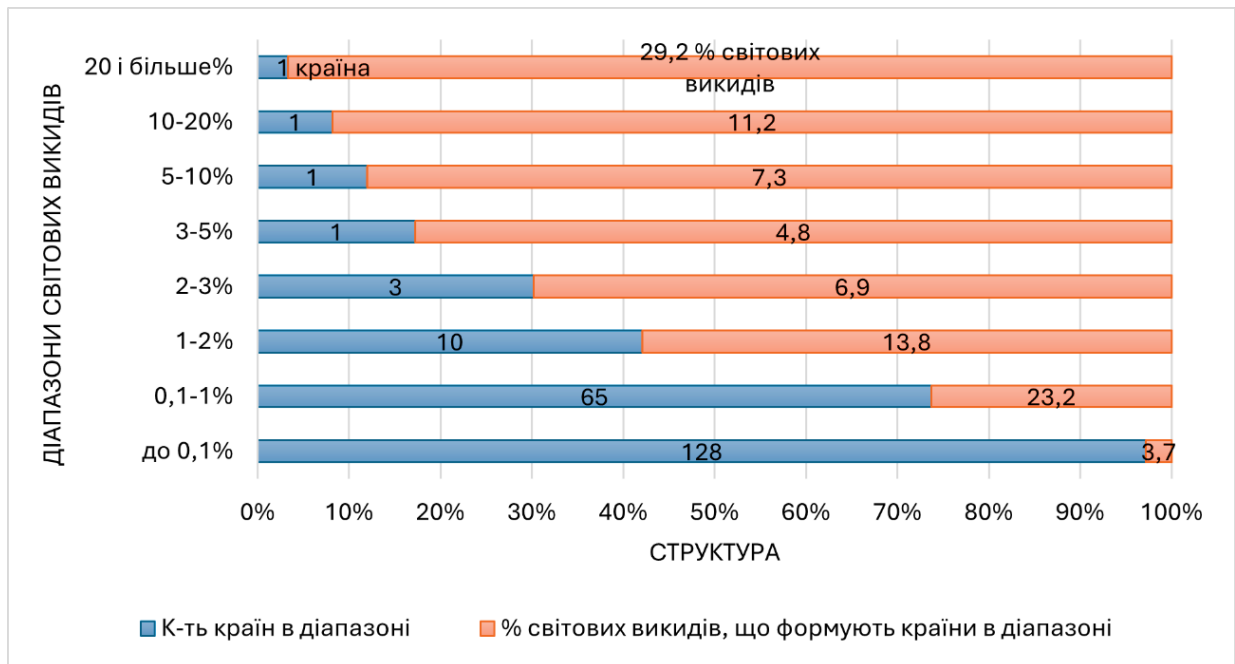


Рис. 3.2. Структура вуглецевого сліду світової економіки за часткою країн-контрибуторів

Джерело: побудовано авторами на основі *Global Carbon Budget [227]*

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 [227]. 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 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.

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 мультilaterальне 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. 3.1).

Таблиця 3.1

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 автором на основі дослідження цифрової платформи Climate Action Tracker [145]

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 ризики падіння економіки. Однак, він узяв зобов'язання досягти максимуму генерації вуглецю до 2030 та "докласти всіх зусиль, щоб досягти піку раніше" [138]. Після цього Китай планує почати жорсткіші кроки по декарбонізації економіки до 2060 року. Поточний план декарбонізації охоплює [138, 291]: скорочення інтенсивності викидів CO₂ 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 куб. метрів від рівня 2005 року до 2035 року; встановлення потужностей вітрових та сонячних електростанцій понад 1,2 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. Цей висновок підтверджується побудовою моделей сигма та бета конвергенції для оцінки збіжності темпів та обсягів скорочення викидів на шляху до кліматичної нейтральності світової економіки.

Зазначимо, що ці моделі конвергенції було побудовано відповідно до різних діапазонів підписання ключових міжнародних кліматичних угод з метою оцінки їх ефективності (рис. 3.3).

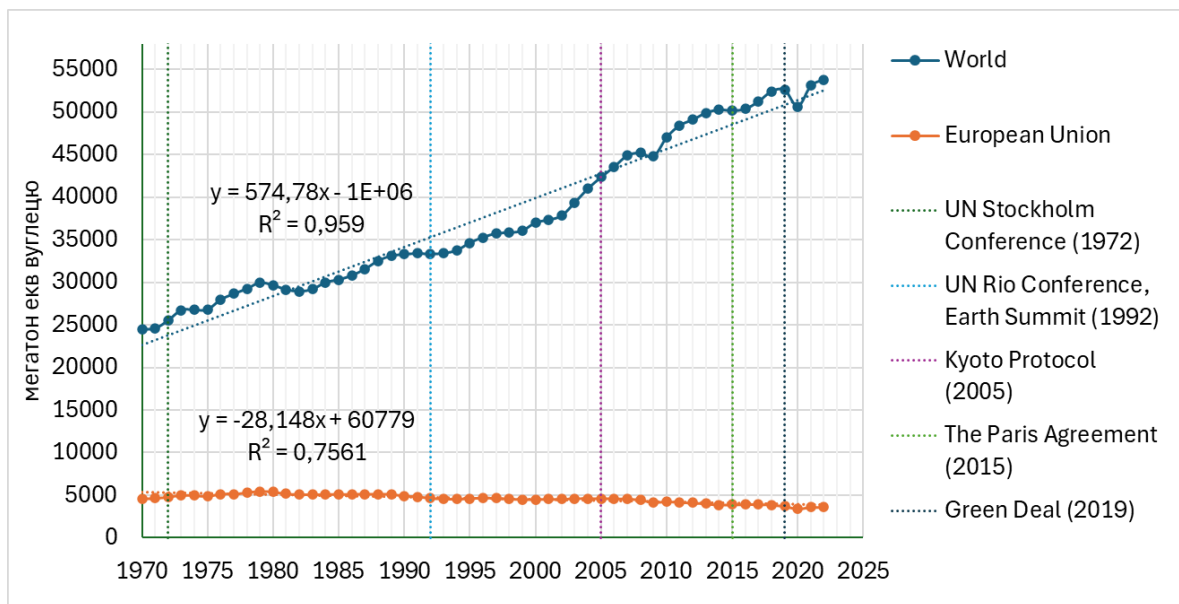


Рис. 3.3. Динаміка вуглецевого сліду ЄС та світу відповідно до міжнародних кліматичних домовленостей

Джерело: побудовано авторами на основі відкритих даних

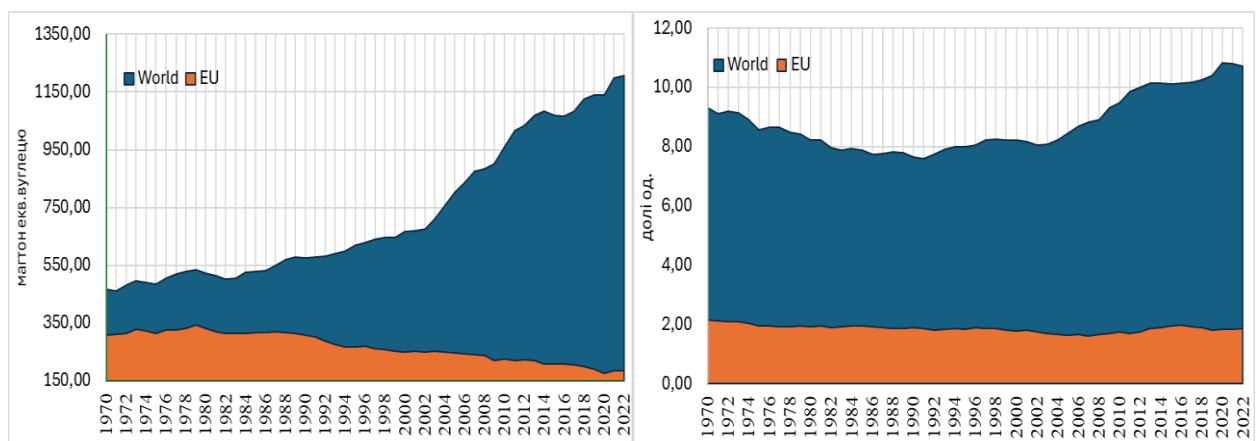
Прив'язуючись до ретроспективи міжнародних домовленостей можна відстежити певний прогрес у просуванні міжнародного співтовариства до анонсованого «чистого нуля» викидів, але тільки для реалій ЄС. Вуглецевий слід світової економіки продовжує зростати, хоча і демонструє деяке вповільнення темпів на тлі ратифікації міжнародних зелених домовленостей

(збільшення на 30% від Стокгольмської конференції до Саміту Землі в Ріо; ще на 27,1% до початку імплементації Кіотського протоколу; +18,5% на момент Підписання Паризької Угоди; +4,8% до Зеленої Угоди ЄС).

На противагу глобальному тренду, Європейський Союз наразі є єдиним прикладом стійкого просування до кліматичної нейтральності. Таке значне скорочення було досягнуто завдяки поєднанню зусиль урядів та політичних ініціатив. Зазначимо також, що приклад консолідованого зниження вуглецевого сліду ЄС заслуговує особливої уваги як свого роду перший "феномен декарбонізації". Науковий інтерес становить дослідження "формули успіху" трансформації системи господарювання в ЄС та виявлення складових конвергенції і можливих чинників дивергенції в цьому процесі.

Утім, досягнення кліматичної нейтральності є питанням спільної відповідальності країн. Загальносвітові темпи декарбонізації викликають сумніви щодо можливості досяжності запланованого зниження викидів у поточному сторіччі. Це є маркером недостатньої трансформації світової економіки та глобального виробництва відповідно до цілей збереження кліматичної сталості. Однак, аналіз показників моделей конвергенції надає певні орієнтири у цьому процесі.

Модель сигма-конвергенції була розроблена окремо для ЄС та світу (рис. 3.4).



а) Стандартне відхилення

б) Асиметрія

Рис. 3.4 Відхилення та асиметрія країн у спільному русі до кліматичної нейтральності

Джерело: побудовано автором

Параметри моделі дозволяють оцінити закономірності конвергенції та узгодженість зусиль країн у мультилатеральному просуванні до кліматично-нейтральної економіки. Наведений вище графік ілюструє динаміку стандартного відхилення викидів вуглецю у світі та в межах ЄС, що відображає мінливість та однорідність емісії світової економіки в різних країнах. Дані свідчать про те, що незважаючи на перші дипломатичні зусилля минулого сторіччя, і ЄС, і решта світу досить довго слідували агресивній для клімату траєкторії, починаючи від Стокгольмського протоколу та до 1990-х років. Конвенція у Ріо 1992 року стала переломним моментом. Хоча вона мала глобальний вплив, позитивна тенденція спостерігалася насамперед у ЄС, який першим почав впроваджувати конкретні програми декарбонізації. Довгі роки решта світу в кліматичних політиках більше декламувала популістські заяви про зелене економічне майбутнє, аніж виявляла тенденцію до регулювання.

Збільшення середньоквадратичного відхилення протягом кількох десятиліть вказує на зростаючу дисперсію викидів між країнами, що підкреслює яскраво виражені відмінності у викидах світової економіки в різних країнах світу. На противагу цьому, відносно стабільна динаміка зниження середньоквадратичного відхилення в межах ЄС свідчить про меншу волатильність і більшу однорідність викидів вуглецю. Це означає, що країни ЄС більш послідовно просуваються до досягнення кліматичної нейтральності. Відтак, у контексті глобальної конвергенції зростання стандартного відхилення на світовому рівні, на відміну від відносної стабільності в ЄС, вказує на значні відмінності в темпах і ефективності заходів зі скорочення викидів вуглецю в різних регіонах. Це підкреслює необхідність посилення міжнародного співробітництва та обміну передовим досвідом для досягнення глобальної кліматичної нейтральності.

На глобальному рівні стрімко зростаюча асиметрія вказує на збільшення нерівномірності після 1990х – це маркер формування «клубу лідерів» серед країн світу за темпами декарбонізації та «клубу відстаючих», які продовжують вуглецево екстенсивне нарощування виробництва. Більш того, характер «хвостів» розподілу свідчить не тільки про наявність екстримально великих

викидів серед економік світу, але й про все частішу їх появу. Відсутність симетрії в міжнародних зусиллях з декарбонізації означає, що досягнення "чистого нуля" світовою економікою в найближчі десятиліття навряд буде досяжним. І навпаки, асиметрія в ЄС практично не змінюється, що говорить про рівномірність серед країн.

Наведені спостереження відображають різні підходи світової спільноти та Європейського Союзу до досягнення кліматичної нейтральності. Незважаючи на значні зусилля ЄС, глобальна динаміка показує, що інші країни не досягають аналогічного прогресу, що підкреслює необхідність подальшої глобалізації кліматичних ініціатив задля досягнення кліматичної конвергенції на світовому рівні. Існуюча нерівномірність підтверджується наступними індексами (рис. 3.5).

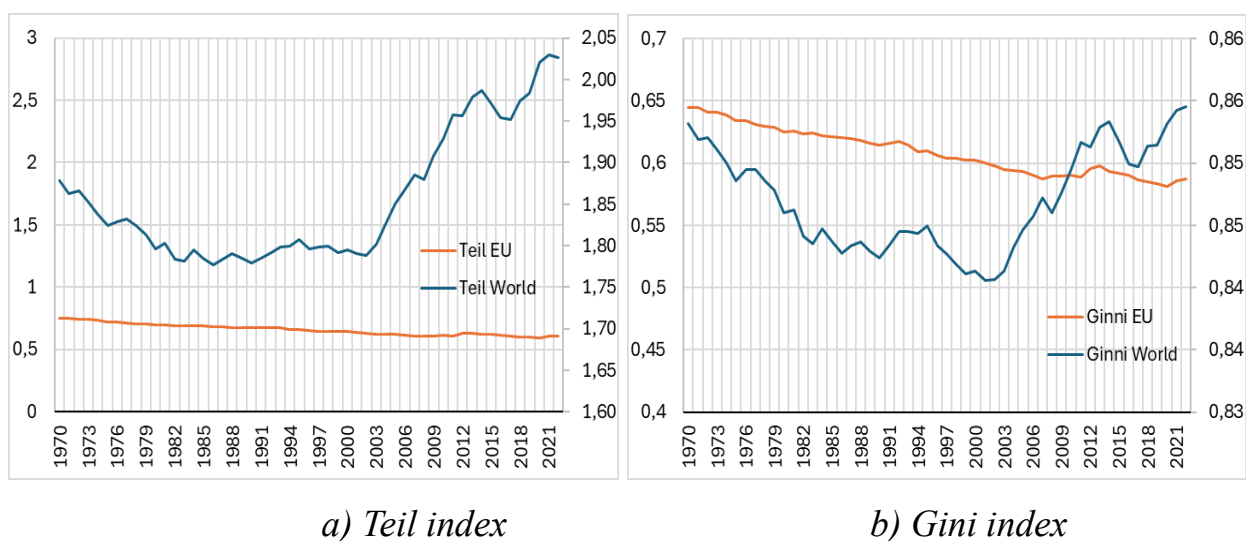


Рис. 3.5. Оцінка рівномірності та концентрації в глобальній траєкторії декарбонізації

Джерело: побудовано автором

Наведений графік ілюструє динаміку індексу Тейла для світу (Theil World) та Європейського Союзу (Theil EU) впродовж останніх десятиріч. Індекс Тейла демонструє значну нерівність у викидах вуглецю. Світовий індекс Тейла демонструє загальну тенденцію до зростання, починаючи з 2000-х років, що вказує на зростаючу нерівність у викидах вуглецю по всьому світу. Ця тенденція свідчить про те, що викиди вуглецю все більше концентруються

серед країн, які не здатні забезпечити декарбонізацію своїх економік. Зазначимо, що подальша побудова моделі бета-конвергенції дозволила визначити такі країни безпосередньо. Єдине суттєве зниження глобального індексу Тейла відбулося під час реалізації Кіотського протоколу та початку імплементації Зеленого курсу, що тимчасово дозволило досягти більш рівномірного скорочення викидів серед економік. Однак, розрив у рівнях викидів продовжує стрімко зростати, підкреслюючи стійку нерівність емісії, що тільки поглиблюється з часом.

Якщо аналізувати ці дані в контексті кліматичної політики та стратегій скорочення викидів, то зростання індексу Тейла в глобальному масштабі може вказувати на необхідність зосередити увагу на країнах або регіонах, де викиди особливо високі, розробивши додаткові міжнародні механізми для скорочення розриву між країнами з високим і низьким рівнем емісії сектору економіки.

На противагу цьому, індекс Тейла для ЄС виглядає відносно стабільним, демонструючи тенденцію до поступового зниження. Це свідчить про те, що розподіл викидів вуглецю в межах ЄС є більш рівномірним порівняно з глобальними показниками.

На основі індексу Джині можна простежити тенденції нерівномірності розподілу вуглецевих викидів для світу (Gini World), і більш рівномірну тенденцію для Європейського Союзу (Gini EU). Індекс Джині для світу зростає хвилеподібно з 2000х років, вказуючи на те, що нерівномісткість у викидах економіки зростає глобально. Стрибки індексу свідчать про те, що все менша кількість країн несе відповідальність за більшу частку викидів. Індекс Джині для ЄС демонструє мінливість з помітними піками і спадами, але в цілому він також не демонструє чіткої довгострокової тенденції до збільшення або зменшення. Ці коливання можуть відображати вплив різних політик ЄС та зміни по мірі прийняття нових кліматичних ініціатив.

Зазначимо, що тренди індексів у парах (Gini World - Theil World) та (Gini EU - Theil EU) можуть видаватися у певних моделях практично ідентичними, що не є типовим для природи цих індексів, проте виявилось характерним саме

для дослідження динамік викидів. Передусім це свідчить про те, що зростаюча нерівність викидів між різними країнами світу (Gini World) обумовлена передусім значною концентрацією екстримально великих викидів в окремих краях (Theil World). Зростаюча динаміка обох індексів свідчить про все більше ускладнення консолідації цього процесу на рівні світової економіки.

Водночас, для ЄС ситуація має дещо інший акцент. Позитивний тренд скорочення викидів одночасно зі спадною динамікою індексів Тейла та Джинні в останнє десятиліття свідчить про вдале стратегування процесів декарбонізації та загальну ефективність кліматичних політик. ЄС вдається локалізувати екстримально великі викиди окремих держав та поступово сприяти їх зниженню, про що свідчить спадка динаміка обох індексів. Хоча в глобальному масштабі не всі країни досягають однакового прогресу у досягненні кліматичної нейтральності, Європейський Союз демонструє більшу послідовність у своїх зусиллях.

Це підкреслює необхідність більш скоординованих і справедливих глобальних стратегій для забезпечення руху всіх країн до кліматичної нейтральності. У контексті кліматичних дій і політики ці результати можуть стати основою для обговорення цільових заходів для країн з непропорційно високим рівнем викидів і підкреслити необхідність більш об'єднаних і справедливих зусиль для управління викидами вуглецю в різних регіонах.

В умовах окреслених тенденцій важливо визначити конкретні позиції економік окремих країн світу у їх конвергентному русі можна оцінити на основі побудови моделі бета-конвергенції. Фактично, саме бета-конвергенція вказує на тенденцію країн з вищими початковими викидами наздоганяти країни з нижчими викидами вуглецю. Від'ємний тренд бета-конвергенції означає, що країни з вищими викидами демонструють тенденцію до скорочення викидів швидшими темпами, таким чином наближаючись до країн з низькою емісією. І навпаки, зростаючий тренд вказує на дивергенцію у світовій економіці (Рис 3.6).

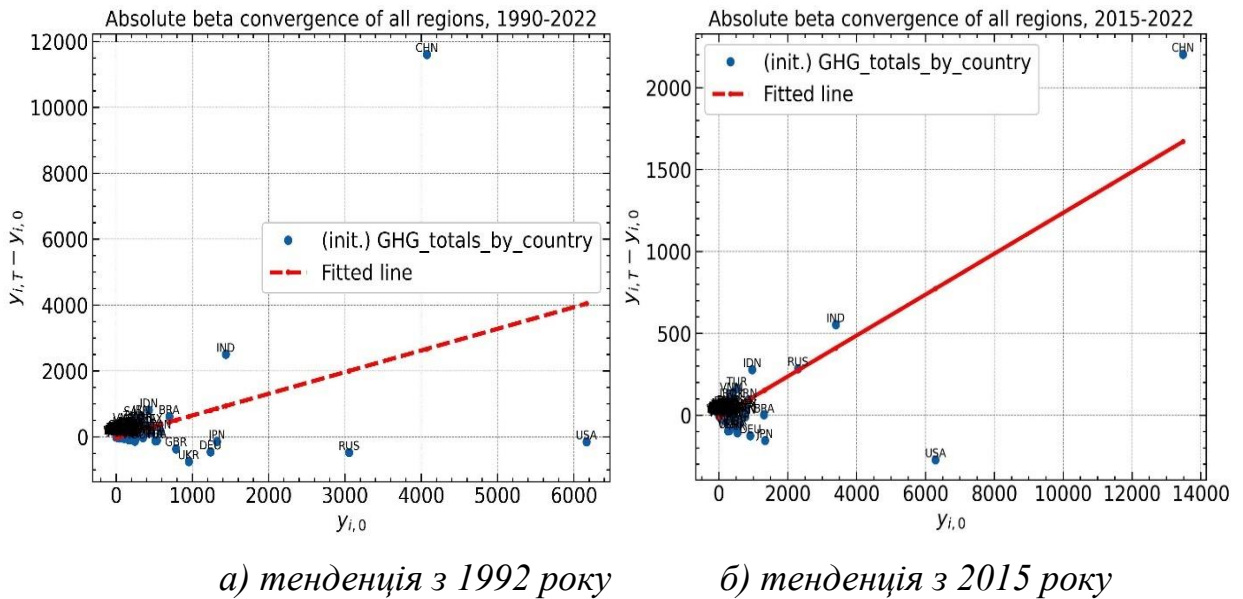


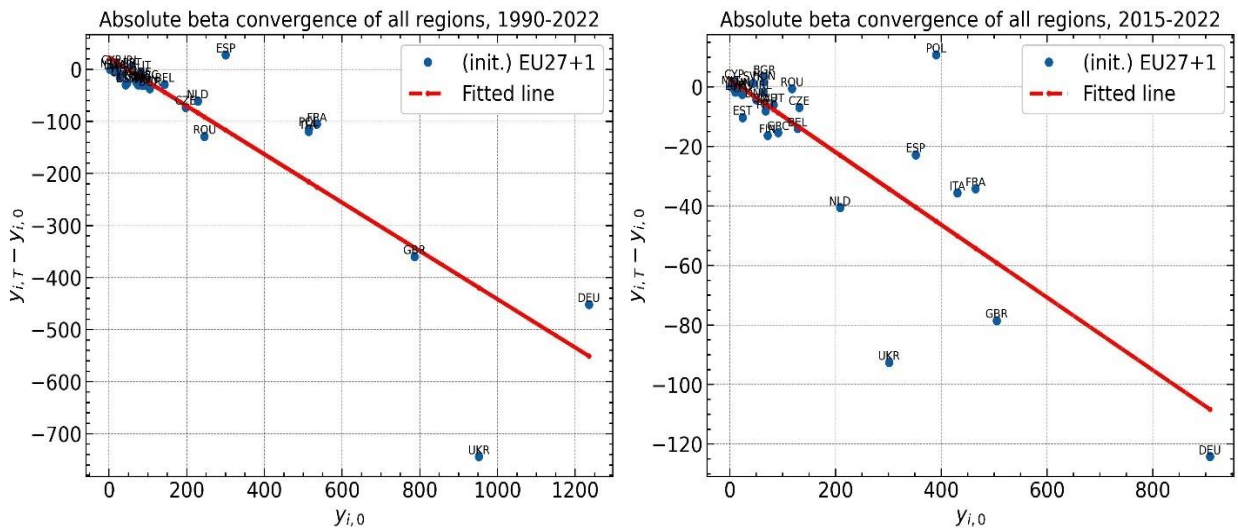
Рис. 3.6. Позиції країн світу у конвергентному русі до кліматичної нейтральності (глобальна бета-конвергенція)

Джерело: побудовано автором

Варто підкреслити, що отримані результати моделей конвергенції чітко вказують на виражену дивергенцію між національними економіками в декарбонізації на глобальному рівні, яка посилюється. Так, починаючи з 2015 року, тренд бета-конвергенції посилив динаміку, що свідчить про загострення дивергентних процесів у світовій економіці. Це також може бути свідченням посилення дисбалансу у динаміці зниження викидів на тлі імплементації Зеленого курсу, коли ЄС активно підключився до кліматичних політик. Натомість, важкоговиків індустрії (Китай, Індія, росія, США) не продемонстрували відповідних зусиль у зниженні викидів. Примітно, що точки, розташовані вище лінії конвергенції, представляють країни з найбільш вираженим зростанням вуглецевого сліду світової економіки, які мають найбільш негативний вплив на глобальний конвергентний тренд. І навпаки, країни, розташовані нижче лінії конвергенції, демонструють найбільш значні скорочення викидів за останні десятиліття.

Ці глобальні результати є цінними для визначення ефективності політики окремих країн у спільному прагненні до "чистого нуля". Вони демонструють, що не всі глобальні гравці однаково віддані досягненню глобальних кліматичних цілей, особливо у сфері декарбонізації економіки. Водночас ЄС

досяг значно більшого прогресу у спільних зусиллях. Разом з тим, побудовані графіки свідчать про формування "клубу лідерів", склад якого змінюється з часом (рис. 3.7).



а) Конвергенція з 1992 року

б) Конвергенція з 2015 року

Рис. 3.7. Позиції країн у конвергентному русі до кліматичної нейтральності (ЄС27, Великобританія, Україна)

Джерело: побудовано автором

Дані ілюструють, що в Європейському Союзі спостерігається конвергенція між країнами за динамікою зниження вуглецевого сліду їх економік, проте змінюється лідерство у цьому процесі. Оцінюючи збіжність з 1990 року, переважна більшість країн ЄС перебували практично на лінії конвергенції, що свідчить про відносно рівномірний та злагоджений рух країн ЄС до кліматичної нейтральності за темпами та обсягами зниження викидів усіма країнами-учасницями. Однак, Іспанія, Італія, Франція, Польща і Німеччина показали деяке відхилення (вище рівня лінії конвергенції), що свідчить про недостатній темп і обсяг зниження вуглецевого сліду їх економіками у сукупності країн ЄС. Більш того, після імплементації Паризької угоди у 2015 році, цей розрив збільшився (рис. 3.7 б). З перелічених країн увійти у фарватер загальної гармонійної динаміки зниження викидів вдалося тільки Німеччині. Румунія, Болгарія, Чехія також почали демонструвати відставання за темпами скорочення викидів порівняно з іншими країнами ЄС,

які мали такий самий обсяг вуглецевого сліду національної економіки. Водночас, Великобританія, Нідерланди, Естонія, Фінляндія нині демонструють випереджаюче скорочення вуглецевого сліду (знаходяться значно нижче лінії конвергенції). Ситуація, що простежується, свідчить передусім про те, що не усім країнам-індустріальним лідерам ЄС вдається підтримувати належні темпи зниження викидів. Ці зміни в країнах-лідерах і країнах, що відстають у декарбонізації, свідчать про те, що досягнення кліматичної нейтральності, яка є ключовим критерієм міжнародних зусиль у протидії змінам клімату, виходить за рамки динаміки викидів у певний період часу і охоплює здатність та потенціал підтримувати такий прогрес у довготривалій перспективі.

Зазначимо, що Україна, яка поки що не є частиною ЄС, демонструє перспективну позицію щодо зниження викидів з-поміж загальної сукупності країн ЄС. Втім, у майбутньому необхідно втримати викиди національної економіки у вузькому коридорі змін з огляду на перспективи повоєнного відновлення за критеріями сталості, інноваційного цифрового розвитку та поступової інтеграції кліматичних політик України та ЄС.

Узагальнена інформація про конвергенцію-дивергенцію викидів відповідно до моделей сигма- та бета-конвергенції узагальнена в Таблиці 3.1.

Таблиця 3.1.

Конвергентні моделі світової економіки

Виміри	beta – convergence ($\beta < 0$)		sigma – convergence ($0 < b < 1$)		convergence condition (beta via sigma)	
	<i>World</i>	<i>EU27+GBR +UKR</i>	<i>World</i>	<i>EU27+GBR +UKR</i>	<i>World</i>	<i>EU27+GBR +UKR</i>
1972-2022	0,694	-0,446	1,040	1,007	Дивергенція	Конвергенція (бета)
1992-2022	0,657	-0,464	1,028	0,927	Дивергенція	Конвергенція (бета, сигма)
2005-2022	0,421	-0,269	0,960	0,916	Конвергенція (сигма)	Конвергенція (бета, сигма)
2015-2022	0,125	-0,122	1,001	0,769	Дивергенція	Конвергенція (бета, сигма)

Джерело: розраховано автором

У таблиці наведено основні результати аналізу побудованих моделей світової кліматичної конвергенції. Як бачимо, на глобальному рівні було підтверджено дивергентну динаміку (як за бета-, так і за сигма-критеріями) практично протягом усього досліджуваного періоду, тоді як на рівні ЄС спостерігалася конвергентна динаміка.

Однак, аналіз конвергенції для кожного наступного виміру міжнародних угод в часовій перспективі показує обнадійливу тенденцію в глобальному русі до кліматичної нейтральності світової економіки. Після підписання Кіотського протоколу у світовій економіці вперше отримано маркер конвергентної тенденції країн у зниження викидів за параметрами сигма-конвергенції, що свідчить про позитивний початок зниження ентропії між країнами на шляху до кліматичної нейтральності. Однак, після 2015 року ситуація повернулася до дивергентного тренду. Це свідчить про те, що на тлі підписання Паризької угоди у світовій економіці знову збільшилася нерівномірність скорочення вуглецевого сліду різними країнами – передові економіки країн ЄС виявились здатними швидко підхопити тренд, у той час як важкоговиків індустрії продовжили кліматично агресивну індустриальну експансію.

Зазначимо, що між країнами ЄС спостерігається конвергентна динаміка, що свідчить про мультилатеральність у зниженні вуглецевого сліду у цілому. Однак, критерій бета-конвергенції демонструє зростання і у майбутньому може вийти за допустимі межі (0..1). Це може свідчити про появу негативних факторів дивергенції, що може призвести до посилення асиметрії у кліматичних зусиллях країн у майбутньому. Одним з таких чинників є затяжний кризовий період, який розпочався з початком світової пандемії та продовжився у зв'язку з війною, що значним чином змістила акцент уваги міжнародної спільноти від питань зеленої трансформації до більш нагальних безпекових проблем. Ці тенденції посилила зміна в енергетичних політиках в останні роки, яка знайшла віддзеркалення у флуктуаціях на світових ринках нафти та газу. Більш того, війна значно загострила геополітичний контекст світових рішень щодо цінової та загальної торгівельної політики викопного палива, залежність від якого лежить в основі енергоефективності економіки та

боротьби за скорочення викидів. До дивергентних факторів також доречно віднести посилення розриву між рівнями економічного розвитку та технологічного потенціалу країн, що дозволяє розвинути країнам реалізовувати більш агресивні політики декарбонізації.

Виявлені закономірності бета- та сигма-конвергенції можуть свідчити про наступні причинно-наслідкові зв'язки у світовій економіці:

1. Сигма-конвергенція без бета-конвергенції (модель світової конвергенції після підписання Кіотського протоколу, 2005; конвергентна модель ЄС прогнозовано при збереженні поточних темпів зростання бета-критерію моделі). Ця комбінація передбачає загальне зменшення варіації викидів вуглецю між країнами (сигма-конвергенція), що вказує на гармонізацію рівнів викидів та темпів декарбонізації у межах клубної конвергенції, яка передбачає формування клубів країн з-поміж країн з екстримально-високими рівнями викидів та лідерами, які забезпечують високі темпи декарбонізації. Однак, при цьому країни з високим рівнем викидів практично не наздоганяють країни з відносно низьким рівнем емісії (відсутність бета-конвергенції), тобто скорочення розриву та нерівності у викидах між лідерами та аутсайдерами декарбонізації не відбувається. Такий сценарій може виникнути, коли всі країни скорочують викиди, але не такими темпами, якими змінюються їх відносні позиції. Відтак, країни з високим рівнем викидів залишаються найбільшими емітентами вуглецю навіть попри незначне скорочення їх викидів в абсолютному вираженні. На глобальному рівні це свідчить про те, що, незважаючи на певну позитивну конвергенцію на шляху до декарбонізації сільського господарства, країни з традиційно високим рівнем викидів не зменшують вуглецевий слід.

2. Бета-конвергенція без сигма-конвергенції (початкова модель конвергенції ЄС після Саміту Землі в Ріо, 1972; модель світової конвергенції прогнозовано при збереженні тенденції зниження бета-критерію). Це протилежна тенденція, коли національні економіки з початково високими викидами скорочують свої викиди CO₂ швидшими темпами (бета-конвергенція), проте загальний розподіл викидів між усіма країнами не

обов'язково зменшується (відсутність сигма-конвергенції). Це може статися, якщо в той час, як одні країни швидко скорочують викиди, інші, можливо, через економічну експансію або менш жорстку екологічну політику, збільшують свої викиди, що призводить до збереження або навіть розширення діапазону рівнів викидів у досліджуваній сукупності країн. Саме така ситуація починає формуватися у світі, адже критерій бета- моделі поступово знижується, наближаючись до нуля.

Таким чином, на глобальному рівні розподіл викидів стає все більш фрагментованим. Це відображає нерівномірну результативність політики та стратегій декарбонізації в різних регіонах світу. Водночас, для досягнення кліматичної нейтральності необхідно забезпечити, щоб усі країни рухалися в напрямку скорочення викидів, що вимагає глобальної конвергенції.

Зазначимо, що розроблений методологічний підхід до визначення кліматичної конвергенції було застосовано у міжгалузевому вимірі та проаналізовано динаміку конвергентних/дивергентних процесів за галузями світової економіки (табл. 3.2, деталізація розрахунку в Додатку К).

Таблиця 3.2.

Динаміка конвергентних-дивергентних тенденцій за галузями світової економіки

Віхи	Конф. в Стокгольмі	Саміт Землі	Киотський протокол	Паризька Угода
Галузі	1972-2022	1992-2022	2005-2022	2015-2022
Сільське господарство	диверг.	конв.(сигма)	конв.(сигма)	конв. (бета*, сигма)
Будівництво	конв. (бета, сигма)	конв. (бета*,сигма)	конв. (сигма)	конв. (бета*, сигма)
Енергетика	диверг.	диверг.	диверг.	конв.(сигма*) – диверг.
Транспорт	конв. (сигма*)	конв. (сигма)	конв. (сигма)	конв.(сигма*) – диверг.
Паливна галузь	конв. (бета)	диверг.	конв. (сигма*)	конв. (сигма)
Промисловість (споживання енергії)	диверг.	конв. сигма*)	конв.(сигма)	конв.(сигма)
Промисловість (виробничі процеси)	диверг.	диверг.	конв. (сигма*)	конв.(сигма)
Переробка сміття	конв.(сигма)	конв.(сигма)	конв.(бета*, сигма)	конв.(сигма)

* - значення на межі (близьке до порогового)

Джерело: побудовано автором

Аналіз моделей конвергенції в окремих галузях показав, що нині сільське господарство та будівництво є єдиними галузями, для яких характерна позитивна конвергентна тенденція в наближенні до «чистого нуля» викидів одночасно за параметрами сигма- та бета- моделей. Однак, значення критеріїв бета-моделей близькі до порогового. Це важливий аспект для забезпечення кліматичної нейтральності світової економіки, адже фактично наявність бета-конвергенції свідчить про те, що країни, які генерували найбільший вуглецевий слід в обсязі викидів світової економіки – почали скорочувати викиди швидшими темпами, що відкриває кращі перспективи для досягнення «чистого нуля».

У більшості секторів (промисловість, паливна галузь, переробка сміття) спостерігається тільки сигма-конвергенція. Це свідчить про загальне зменшення варіативності викидів між країнами у цих галузях, проте відсутність бета-конвергенції є більш негативним аспектом, який свідчить про те, що у зазначених галузях не відбувається скорочення розриву між країнами – найбільшими контрибуторами викидів та тими, хто забезпечує високі темпи зниження викидів.

Найскладніша ситуація спостерігається у світовій енергетиці та транспорті, які у цілому показують дивергентну динаміку стосовно досягнення кліматичної нейтральності, проте мають перші ознаки збільшення критеріїв сигма-конвергенції. Це дозволяє прогнозувати деяке покращення у цих галузях у майбутньому. В енергетиці така ситуація відбувається на тлі одночасного зростання доступу до енергії країн з низьким рівнем доходу та одночасного збільшення частки відновлювальних джерел у структурі споживання рівномірно для країн з різних груп за рівнем економічного доходу. Водночас, у транспортній галузі – за рахунок вирівнювання темпів декарбонізації між країнами, але збереження високої варіативності обсягів вуглецевого сліду.

Враховуючі викладені вище міркування, виникає необхідність деталізації позиціонування країн стосовно їх внеску у спільному русі за кліматичну сталість світової економіки.

З цією метою пропонується виділити такі групи країн (рис. 3.8)

Значний злет вуглецевої інтенсивності	<i>Нові забруднювачі</i>	<i>Кліматичні агресори</i>
Зниження викидів	<i>Кліматичні маргінали</i>	<i>Україна (444; -235)</i> <i>Актори зниження викидів</i>
↓ →	Мінімальний початковий рівень викидів	Високий початковий рівень викидів

Рис. 3.8. Підхід до позиціонування країн в конвергентному русі до кліматичної нейтральності світової економіки

Джерело: побудовано автором

Позиція країни визначається відносно лінії бета-конвергенції, що відображає авторегресію у напрямку збіжності країн до досягнення кліматичної нейтральності світової економіки, а також з урахуванням точки поділу по вісі X, що відображає початковий рівень вуглецевого сліду економіки, з яким країни починали рух «до 0». Ця точка може обиратися з позицій задач кліматичного регулювання. У дослідженні обрано рівень $X=500$ мега тон, що відповідає 90 перцентилю вибірки країн і дозволяє відмежувати країни з найбільш вагомою вуглецевою ємністю національної економіки.

Таким чином, пропонується такий розподіл.

1. Кліматичні агресори. Країни з вихідними високими обсягами викидів, які додатково їх значно збільшили. Це відображає відсутність руху до чистого нуля і посилення вуглецевого навантаження на світову економіку.

2. Актори зниження вуглецевого сліду економіки. Країни з високими початковими викидами, які змогли значно скоротити їх. Ці країни демонструють позитивний прогрес на шляху до скорочення викидів.

3. Нові забруднювачі. Країни з низькими вихідними обсягами викидів, але з різким збільшенням.

4. Кліматичні маргінали. Країни з початково низькими обсягами викидів, які ще більше їх скоротили. Однак, у цій групі можливі 2 ситуації: країни з

історично низькими обсягами генерації вуглецю, але розвинуеною економікою (наприклад, окремі країни ЄС); або ж країни, що розвиваються, які демонструють зниження викидів на тлі економічного падіння індустрії та ВВП.

Визначення позицій країн світу за наведеною системою поділу відбувалось на основі розрахунку моделі світової кліматичної конвергенції, яка отримана при побудові моделі бета-конвергенції (візуалізація лінії конвергенції на рис. 3.6).

Зазначимо, що позиціонування країн можна виконувати відносно різних часових проміжків для відслідковування динаміки зміни позицій окремих держав і подальшого формування адресних міжнародних політик. Нижче подано розподіл країн за групами відносно їх результатів у просуванні до кліматичної нейтральності з 2015 року (рис. 3.9). Для порівняння розподіл з 1990 року наведено у Додатку Л.

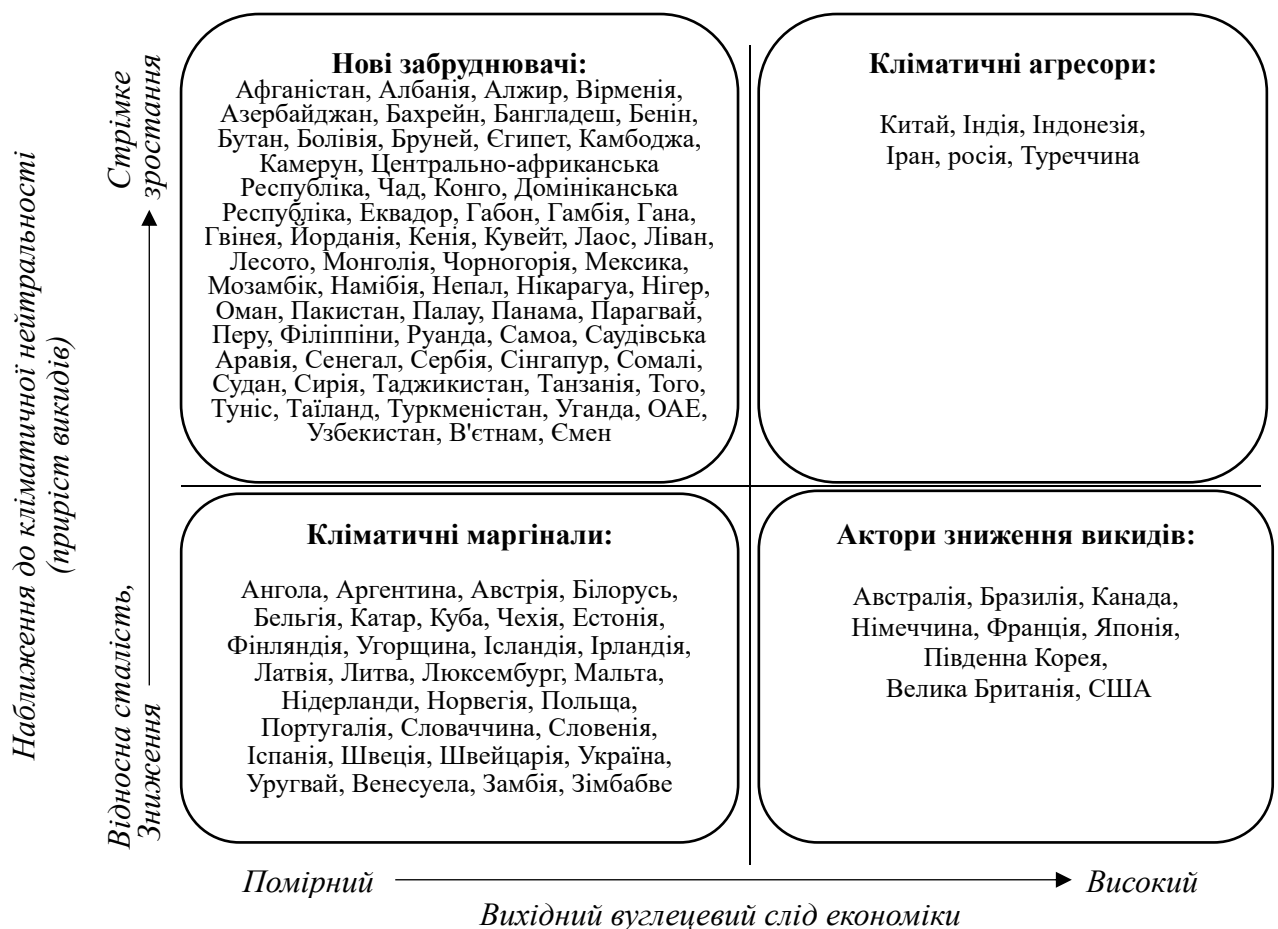


Рис. 3.9. Позиціонування країн світу конвергентному русі до кліматичної нейтральності світової економіки

Джерело: побудовано автором

Кліматичними агресорами досить очікувано виявились Китай та Індія, економіка яких не тільки демонструє постійне збільшення вуглецевої ємності, але й обсяг генерації викидів у цих країнах є одним з найбільших. За динамікою цих показників до цієї групи країн відноситься також Іран, Туреччина та Росія.

Водночас, актори зниження викидів – Німеччина, Франція, Японія, Велика Британія, США та ін. – країни, з відносно великим початковим вуглецевим слідом економіки, яким вдалося суттєво його скоротити з моменту підписання Зеленої Угоди. Слід зазначити, що за динамікою показників до цієї групи потрапили США за рахунок обсягу скорочення вуглецевої ємності економіки, однак частка скорочення власних викидів є незначною порівняно з іншими. Тобто фактично динаміка зниження викидів США сприяє зниженню вуглецевого сліду на глобальному рівні, проте це характерно для поточної оцінки і може суттєво змінитися у майбутньому, змістивши позицію країни до кліматичних агресорів.

Уваги заслуговують дві інші групи, які сформовано переважною більшістю країн світу. За останні десятиріччя у світі стрімко збільшилась частка країн «нових забруднювачів», економіки яких характеризуються значним приростом вуглецевого сліду, хоча окремо його обсяг залишається відносно невеликим у загальній сукупності. Серед них лівова частка країн Центральної, південно-східної Азії та Африки, в яких відбувається зростання виробництва у первинних індустріях, що провокує збільшення вуглецевої інтенсивності економіки. У цій групі виділяється підгрупа країн (Ірак, Мексика, Пакистан, Саудівська Аравія, Південна Корея, Таїланд), які за темпами зростання викидів та приросту вуглецевого сліду економіки можуть долучитися до групи «кліматичні агресори» у найближчі роки. Група «кліматичні маргінали» демонструє дві чіткі тенденції. Сюди увійшли країни ЄС, які є лідерами кліматично-нейтрального розвитку, а з іншого боку, країни, що розвиваються, які наразі демонструють зниження викидів на тлі стагнації економіки.

Зазначимо, у позицінуванні окремих країн за останні роки відбулись суттєві зміни, порівняно з 1990 роком (Додаток Л). Беручи його за основу розподілу, країни з групи «Кліматичні агресори» у середньому спричинили зростання вуглецевого сліду світової економіки на 4910,9 мегатон з 1990 року, що складає 237,4%. У сукупності вони формують 19,6% вуглецевого сліду світової економіки. Викиди «нових забруднювачів» зросли значно менше, на 59,4 мегатон (у середньому 139,5%), сформувавши 18,3% усіх викидів. «Кліматичні маргінали» формують 23,3% вуглецевого сліду світової економіки, демонструючи скорочення викидів на 2,5% у середньому. Водночас, найбільшу вагу та позитивний вплив мають «актори зниження викидів», які складають до 39,4% вуглецевого сліду світової економіки і забезпечили зниження викидів у середньому на 17,2%. Однак, їх динаміки недостатньо нині для зламу глобального тренду щодо зростання викидів.

З огляду на кліматичне регулювання світовою економікою, особлива увага має бути приділена не тільки адресним політикам стосовно країн кліматичних агресорів, але також країнам – новим забруднювачам, сукупний вплив яких формує п'яту частину вуглецевого сліду світової економіки і мають тенденцію до загострення ситуації. Стимулювання декарбонізаційних стратегій в цих країнах сприятиме зміщенню «балансу сил» та поступового переходу до зниження вуглецевої ємності світової економіки.

Окреслена динаміка також показує, що ключовою умовою досягнення кліматичної конвергенції світової економіки є скорочення розбіжностей між країнами за абсолютними значеннями вуглецевої інтенсивності національних економік при одночасній підтримці динамічної рівноваги скорочення викидів. Незважаючи на конвергентні тенденції, в усіх галузях світової економіки темпи скорочення викидів залишаються недостатніми для досягнення «чистого нуля» викидів у найближчій перспективі, що потребує посилення системи кліматичного регулювання та інтенсифікації зеленого-цифрового переходу на глобальному рівні у напрямку досягнення кліматичної нейтральності.

Модель конвергенції було масштабовано для оцінки збіжності цифрового розвитку країн. Найбільш яскраві результати вийшли для часового проміжку з 2005 по 2022 роки (Рис. 3.10).

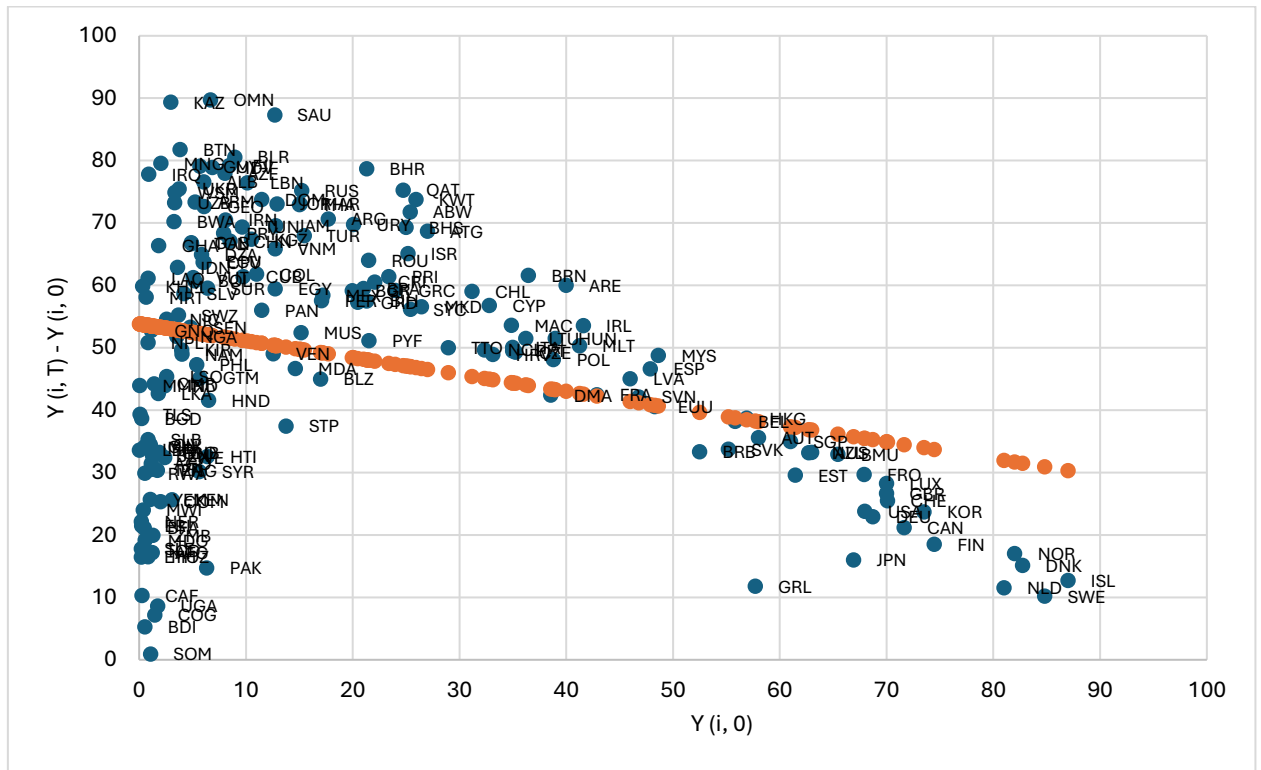


Рис. 3.10. Світова конвергенція за показником частки інтернет-користувачів

Джерело: розрахунок автора

Слід зазначити, що моделювання підтвердило загальносвітовий конвергентний тренд цифрового розвитку, що свідчить про більш рівномірний рух різних країн у напрямку цифрового зростання. Однак, графік показує існування суттєвого розриву між країнами з високим рівнем доходу та країнами, що розвиваються. Фактично, лінія конвергенції на графіку ділить вибірку на країни-лідери (нижня права область графіка), які від початку мали високі показники цифрового розвитку і наразі практично не демонструють стрімке зростання (ЄС, США, Канада); країни своєрідної цифрової периферії (нижня ліва область графіка) – це здебільшого бідні країни Африки, які за майже 20 років цифрової революції не продемонстрували значного стрибка; третина країн світу, що показали значне зростання цифрового розвитку.

Зважаючи на це, пропонується таке позиціонування країн за окресленим

показником цифрового розвитку:

1. Цифрові гіганти. Країни з високим рівнем цифрового розвитку, які продовжують інтенсивно його нарощувати. Вони є лідерами в цифровій інфраструктурі, інноваціях та технологічному прогресі. Зазначимо, що за останні роки країн у цій групі майже не лишилося, адже світова спільнота досягла певної стелі за показниками цифрового покриття та доступу до Інтернет.

2. Цифрові адаптери. Країни, які мали високий рівень цифрового розвитку, але тепер зосереджені на оптимізації та адаптації вже існуючих технологій. Вони більше фокусуються на інтеграції цифрових рішень у різні сфери, підтримуючи стабільний розвиток.

3. Цифрові спринтери. Країни з низьким вихідним рівнем цифрового розвитку, які значно його підвищили за досліджуваний період моделювання конвергенції.

4. Цифрові периферійники. Країни з низьким вихідним рівнем цифрового розвитку, які продовжують залишатися на невисокому рівні цифрового розвитку, повільно просуваючись.

Деталізація розподілу країн за позиціями в окреслених групах представлена у додатку (Додаток Л). Як бачимо, у світі спостерігається відносно рівномірний розподіл країн у групі «цифрові спринтери», які продемонстрували за два десятиріччя найбільший цифровий стрибок за часткою інтернет-користувачів (у середньому 68,7%, з них 1,7% складають країни ЄС). «Цифрові периферійники» також охоплюють третину усіх держав світу, але за ці роки їм не вдалося подолати бар'єр частки інтернет користувачів 30-35%, яка залишається найнижчою серед усіх країн світу. «Цифрові гіганти» та «Цифрові адаптери» показують найвищі показники інтернет покриття в країнах (більше 85% у середньому). Ключова різниця у тому, що цифрові адаптери на початковому рівні все ж мали одні з найбільш високих позицій цифрового забезпечення (частка інтернет-користувачів складала в середньому 67%), а цифровим гігантам вдалося здійснити більший цифровий стрибок.

Співставний аналіз позицій країн в обох матрицях (Додаток Л) показав примітні закономірності.

По-перше, деякі країни, що належать до цифрових спринтерів, також перебувають серед кліматичних маргіналів, наприклад, Албанія, Аргентина, Вірменія, Болгарія, Грузія, Казахстан, Північна Македонія. Це свідчить про те, що активний цифровий розвиток не завжди супроводжується значним прогресом у кліматичній політиці.

По-друге, цифрові адаптери та цифрові гіганти зазвичай є акторами зниження викидів. Країни, такі як Німеччина, Велика Британія, США, Японія, що належать до цифрових адаптерів, а також Франція, Польща та Іспанія, що є цифровими гігантами, виступають провідними акторами зниження викидів. Це демонструє успішну інтеграцію кліматичних і цифрових стратегій.

По-третє, відмінності в позиціях провокують дисбаланси. Країни, як Саудівська Аравія, Ірак, що є новими забруднювачами, водночас демонструють значний цифровий розвиток (цифрові спринтери), що здебільшого обумовлено спрямуванням можливостей диджиталізації у напрямку автоматизації виробництва, ніж сталого розвитку. Це може вказувати на ризик посилення кліматичних проблем по мірі подальшої індустріальної експансії. Водночас, цифрові периферійники здебільшого залишаються кліматичними маргіналами серед країн, що розвиваються, як Афганістан, Ангола, Гватемала, Ефіопія, що свідчить про низький рівень як цифрового, так і кліматично орієнтованого розвитку прогресу.

Окреслені тенденції підтверджують, що у цілому диджиталізація сприяє кліматичній нейтральності в країнах світу, проте наявність невідповідностей в окремих групах свідчить про необхідність пошуку шляхів гармонізації зеленого-цифрового переходу та адресних політик щодо розвитку сталої диджиталізації в країнах світу, особливо тих, що нині є цифровими спринтерами.

3.2. Рефреймінг зеленого-цифрового переходу світових індустрій за орієнтирами кліматичної нейтральності

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. 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.

З огляду на необхідність забезпечення кліматичної нейтральності, ключовими напрямками рефреймінгу зеленого-цифрового переходу є:

- інтеграція кращих практик диджиталізації у всі сектори економіки;
- низьковуглецеві бізнес-моделі;
- максимальне залучення суб'єктів господарювання до практик декарбонізації;
- врахування різної вуглецевої інтенсивності галузей для ефективнішого перерозподілу ресурсів;
- використання цифрових інновацій для підвищення енергоефективності;
- підтримка циркулярних практик з оцінкою їх вуглецевої інтенсивності.

Розглянемо передумови реалізації цих напрямків у ключових галузях світового господарства, які у сукупності формують рамку вуглецевого сліду світової економіки (рис. 3.11).

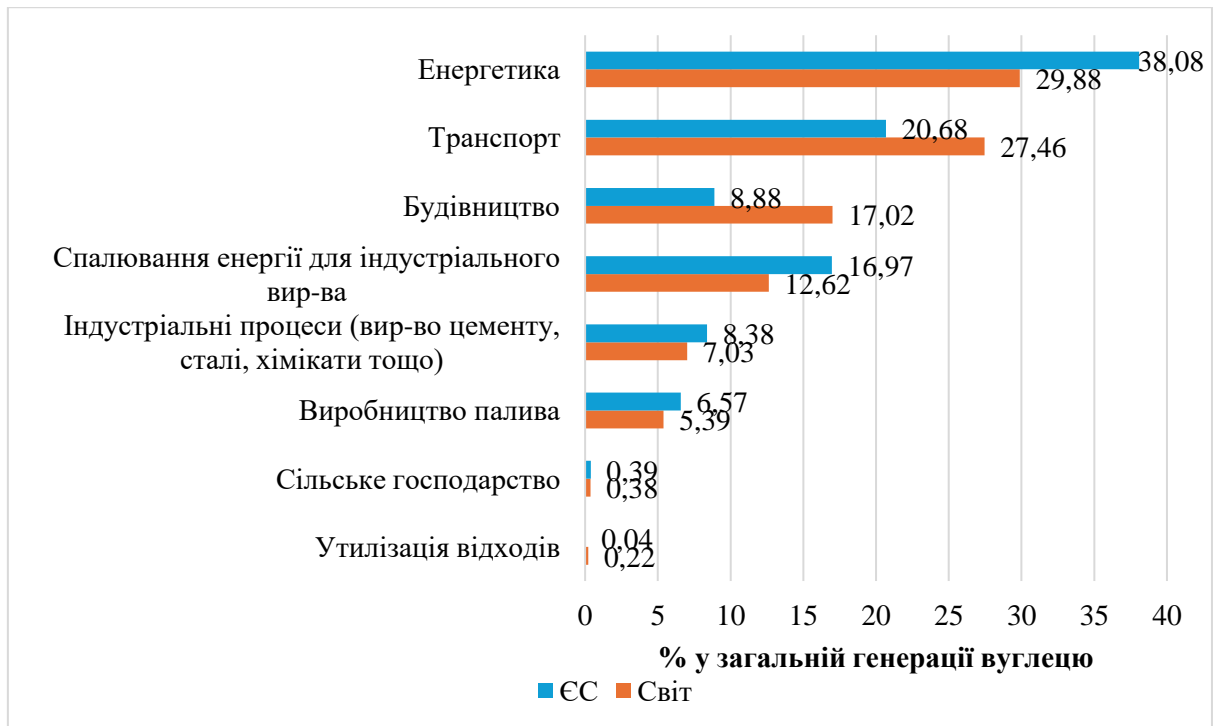


Рис. 3.11. Структура викидів ЄС та загальносвітових за галузями економіки

Джерело: побудовано на основі статистики [227]

Наведена діаграма ілюструє структуру вуглецевого сліду світової економіки у розрізі галузей. Найбільшим джерелом викидів є енергетика, яка забезпечує 30% глобальних та 38% європейських викидів, що підкреслює критичну роль цієї галузі в екологічній політиці та нагальну потребу зменшення залежності від вуглецевих джерел енергії. Транспорт є другим за обсягом джерелом викидів: 27,5% у світі та 20,7% у ЄС. Будівельна галузь демонструє ще більший розрив: 17% у світі та лише 8,9% у ЄС. Важливо виокремити викиди, що виникають під час спалювання енергії, від тих, які генеруються безпосередньо у виробничих процесах. Такий підхід дозволяє оцінити декарбонізацію важкої промисловості за двома напрямками: зниження вуглецевості конкретних процесів (наприклад, лиття металів, виробництва цементу чи хімікатів) і скорочення енергоємності. Слід зазначити, що спалювання енергії генерує майже вдвічі більше викидів, ніж саме виробництво.

Окремо виділяється виробництво палива, яке становить 5,4% глобального вуглецевого сліду та 6,6% у ЄС. Найменшу частку викидів демонструють сільське господарство (0,4%) та утилізація відходів (0,22% у світі та лише

0,04% у ЄС). Досвід країн ЄС — один з показових у розробці стратегій та впровадженні практик зеленого-цифрового переходу.

У таблиці узагальнено приклади деяких ініціатив за окремими галузями (Таблиця 3.3).

Таблиця 3.3

Ініціативи зеленого-цифрового переходу в країнах ЄС

Галузь	Назва ініціативи/проєкту	Вплив на кліматичну нейтральність	Фокус
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
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
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

Продовж. табл. 3.3.

1	2	3	4
	"Smart Agriculture" Використання великих даних для управління сільськогосподарськими процесами. (Іспанія)	Підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва та зменшення викидів парникових газів.	Великий бізнес, малий бізнес (SME), фермери
	"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 [440, 205]

Подібні проекти спрямовані на органічне поєднання трендів зеленого розвитку з можливостями диджиталізації, що сприяє як прямому, так і опосередкованому скороченню викидів, створюючи підґрунтя для досягнення кліматичної нейтральності в майбутньому.

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

Як було зазначено раніше, енергетичний сектор залишається головним джерелом викидів вуглецю в структурі вуглецевого сліду ЄС, так і світової економіки. Протягом останнього десятиріччя зростання доступності технологій відновлюваної енергії та зниження їхньої вартості висунули цей сектор на перший план у реалізації кліматичних політик. Наукові дослідження підтверджують, що пріоритетне та стабільне скорочення викидів в енергетичному секторі є найбільш економічно ефективним шляхом до досягнення кліматичної нейтральності [187].

Протягом останнього десятиліття відбулося суттєве зниження вартості виробництва альтернативної енергії. Зокрема, вартість сонячної енергії скоротилася на 89%, вітрової енергії – на 69%, а біомаси – на 25%. Динаміка відносного зниження цін на різні види енергії наведена нижче (рис. 3.12).

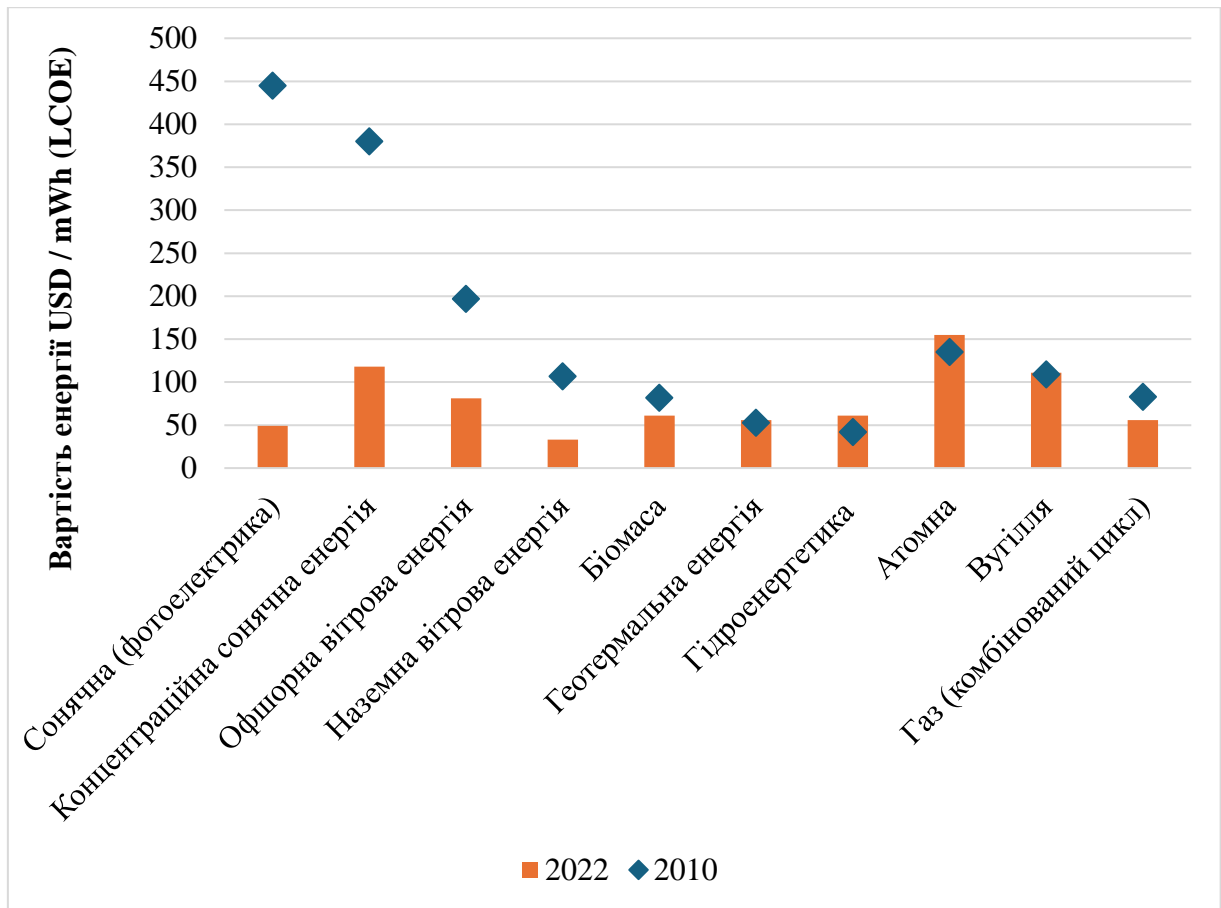


Рис. 3.13. Динаміка падіння вартості енергії LCOE (за видами)

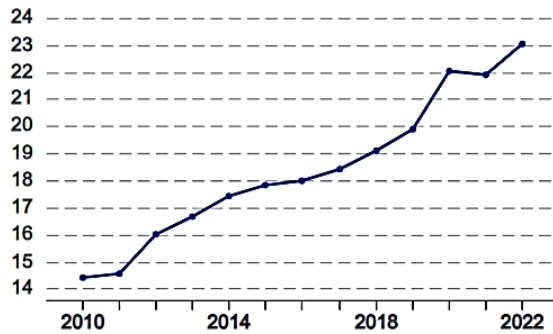
Джерело: побудовано автором на основі звіту [376]

Фактично, наведена динаміка демонструє зміну балансу економічних переваг. Нині на світовому ринку ціна електроенергії, необхідна для беззбитковості нових вугільних електростанцій, суттєво перевищує ту, яку можуть запропонувати виробники вітрових чи сонячних електростанцій [376]. З іншого боку, таке різке падіння вартості альтернативної енергії стало потужним каталізатором зеленого переходу на світовому енергетичному ринку.

Військова агресія росії проти України стала каталізатором змін у парадигмі енергетичної політики ЄС, спрямованих на підвищення енергетичної незалежності та посилення захисту критичної енергетичної інфраструктури. На сьогодні енергетичний сектор економіки ЄС демонструє дві ключові позитивні тенденції на шляху до кліматичної нейтральності: зростання частки використання відновлюваних джерел енергії на тлі зменшення споживання первинної енергії (рис. 3.14).

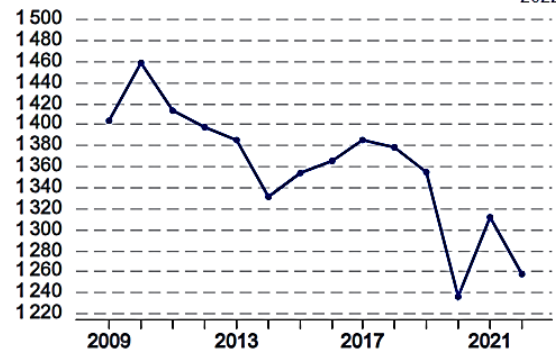
Всього | % від валового кінцевого
споживання енергії

ЄС
23.0%
2022



Мільйон тонн нафтового
еквіваленту

ЄС
1 403,3 млн н.е.
2022



а) *Відновлювальна енергетика*

б) *Споживання первинної енергії*

Рис. 3.14. Динаміка енергетичного сектору ЄС

Джерело: ec.europa.eu/eurostat

За цих умов ключовими пріоритетами зеленого-цифрового переходу енергетичного сектору, з урахуванням стратегічної мети досягнення «чистого нуля» викидів, є [202, 201, 160]:

- забезпечення енергопостачання та захисту цифрової енергетичної системи від кібератак і потенційних збоїв у роботі ІТ-систем, що є критично важливими для стабільного функціонування енергетичного сектору;

- скорочення залежності від імпорту викопного палива на тлі зростання цін на енергоносії, що вимагає впровадження заходів з економії енергії та підвищення енергоефективності. При цьому у короткостроковій перспективі нагальною залишається необхідність залучення газу від альтернативних постачальників та збільшення обсягів його зберігання;

- прискорення трансформації енергетичного сектору у напрямі використання відновлюваних і чистих джерел енергії для зниження енергетичної залежності.

Згідно з брифінгом низки міжнародних агенцій ЄС, заходи, спрямовані на розвиток відновлюваної енергетики та підвищення енергоефективності, можуть суттєво скоротити залежність Європейського Союзу від імпорту російського газу. Очікується, що завдяки активізації зусиль з реалізації пакету

«Fit for 55» ця залежність може бути зменшена на дві третини вже до 2025 року. [469]. 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 [443]. Нарешті, системи електроенергії стають дедалі “розумнішими” завдяки розгортанню цифрових технологій, що допомагають полегшити балансування попиту та пропозиції.

Досягнення мети кліматичної нейтральності до 2050 року створює значні виклики для енергетичного сектору. Дослідження вказують, що зацікавлені сторони історично інвестували у централізовану, негнучку інфраструктуру, засновану на використанні викопного палива. Цю інфраструктуру доведеться поступово виводити з експлуатації до завершення її терміну служби, що може спричинити втрату активів на суму до 7 мільярдів євро [415]. Крім того, значна електрифікація є необхідною для вуглецевоінтенсивних секторів, таких як опалення та транспорт. Це вимагатиме масштабних змін у виробничих процесах та модернізації інфраструктури. У сферах, де електрифікація є технічно неможливою, прогнозується використання палива з нульовим вмістом вуглецю, наприклад водню, як заміника викопного палива [416].

Окреслена проблематика формує нове коло викликів, у подоланні яких важливу роль відіграє диджиталізація, а кліматично нейтральне виробництво електроенергії стає основою зеленого переходу.

Одним із ключових аспектів є управління попитом на електроенергію. На сьогодні ЄС активно впроваджує цифрові інструменти для моделювання цього процесу, використовуючи при цьому моделі гейміфікації та метаверси для впливу на поведінку й звички споживачів щодо споживання енергії [480].

Щодо джерел енергії, вітрова та сонячна енергетика залишаються найбільш економічно ефективними варіантами виробництва альтернативної електроенергії. Це зумовлює експоненційне зростання обсягів їх використання та підвищення попиту. Вказану тенденцію ілюструє динаміка структури світових інвестицій у відновлювану енергетику (рис. 3.15).

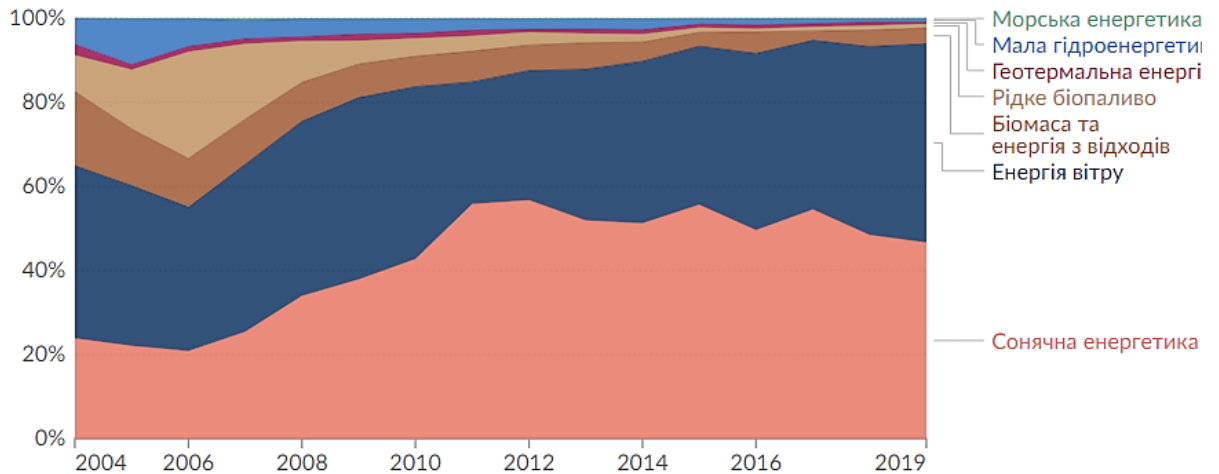


Рис. 3.15. Динаміка структури світових інвестицій у відновлювальну енергетику (без коригування на рівень глобальної інфляції)

Джерело: статистична платформа [230]

Лева частка 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 [350]. Розвиток Водневого Банку ЄС — один із векторів підтримки такої ініціативи.

Зміцнення та модернізація енергосистеми, а також впровадження рішень для накопичення енергії набувають стратегічного значення у прискоренні енергетичного переходу. У цьому контексті диджиталізація виступає ключовим інструментом для розвитку самоорганізованих енергомереж, які

відіграють критичну роль у функціонуванні децентралізованих і змінних структур виробництва електроенергії в ЄС [187, 123]. Самоорганізовані мікромережі, що являють собою невеликі автономні енергосистеми з можливістю інтеграції для взаємопосилення, мають значний потенціал. Згідно з прогнозами, до 2050 року навантаження на електромережі зросте вдвічі, зокрема через активне використання електротранспорту [480]. З точки зору безпеки, такі мережі забезпечують можливість ефективного попередження відключень та швидкого відновлення постачання електроенергії у разі пошкоджень інфраструктури, спричинених екстремальними наслідками змін клімату. Проте розвиток цього напрямку можливий лише за умов всеосяжної диджиталізації, що базується на інтеграції інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) і, у перспективі, технологій блокчейну [123].

Самоорганізовані сітки мікромереж також виступають драйвером розвитку локальних енергетичних ринків ЄС. Вони сприяють зниженню домінування великих енергетичних компаній та розширенню участі домогосподарств як постачальників надлишкової енергії на основі ринкової конкуренції [416]. Цей підхід робить мікромережі перспективним зростаючим ринком, здатним стимулювати збільшення кількості малих і середніх локальних гравців у енергетичному секторі. За прогнозами, світовий ринок мікромереж до 2030 року може досягти обсягу від 55 до 190 мільярдів євро [193].

У контексті зазначених тенденцій формується нова інноваційна цифрово орієнтована бізнес-модель Energy-as-a-Service (EaaS), яка трансформує взаємодію між постачальниками та споживачами енергії. У традиційній моделі постачальники забезпечують кінцевих споживачів електроенергією, паливом чи теплом. Натомість EaaS пропонує інший підхід: постачальник енергетичних послуг надає комплексні рішення, спрямовані на задоволення енергетичних потреб споживачів, пропонуючи так званий «енергетичний продукт під ключ» [193]. Прояви бізнес-моделі EaaS охоплюють широкий спектр послуг, включаючи підвищення енергоефективності, інтеграцію відновлюваних джерел енергії та впровадження рішень для стабілізації електромереж.

Основною перевагою цієї моделі для кінцевих користувачів є зниження потреби в початкових інвестиціях, а також спрощення доступу до енергетичних рішень і процесу їх постачання.

Ця бізнес-модель набуває особливої актуальності в умовах зростаючої складності та вимогливості попиту на енергетичному ринку ЄС, що охоплює широкий спектр технологій, які мають гармонійно взаємодіяти для досягнення зниження викидів, зокрема: виробництво електроенергії, накопичення енергії та оптимізацію енергоефективності. Фактично, EaaS пропонує унікальні можливості для максимізації ефективності кінцевого використання енергії. Завдяки накопиченню досвіду сервісні компанії здатні розробляти та впроваджувати більш досконалі й адаптивні рішення, що відповідають потребам споживачів та зеленому переходу енергетичного сектора [193].

Зазначимо, що «Енергія як послуга» нині є одним із найдинамічніших сегментів енергетичного ринку, із прогнозованим середньорічним темпом зростання 7,6% до 2030 року та очікуваною капіталізацією у 113 мільярдів євро. Ця модель сприяє створенню робочих місць і підвищенню рівня інновацій [416]. Водночас EaaS сприяє зменшенню енергетичної бідності через оптимізацію цін на енергопослуги та стимулювання конкуренції серед найефективніших постачальників [193].

Однак впровадження цієї моделі потребує більшої прозорості у використанні даних між споживачами та постачальниками енергії, що вимагає впровадження нових протоколів цифрової безпеки.

Загалом, досягнення кліматичної нейтральності через зелено-цифровий перехід в енергетичній сфері потребує узгоджених політик для переорієнтації енергосистеми ЄС на кліматично сталий розвиток. Це включає посилення нормативного регулювання викидів, підтримку нових гравців на енергоринку, подолання суспільного опору новим моделям енергоспоживання та попередження ризиків ефекту відскоку.

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. 3.16).

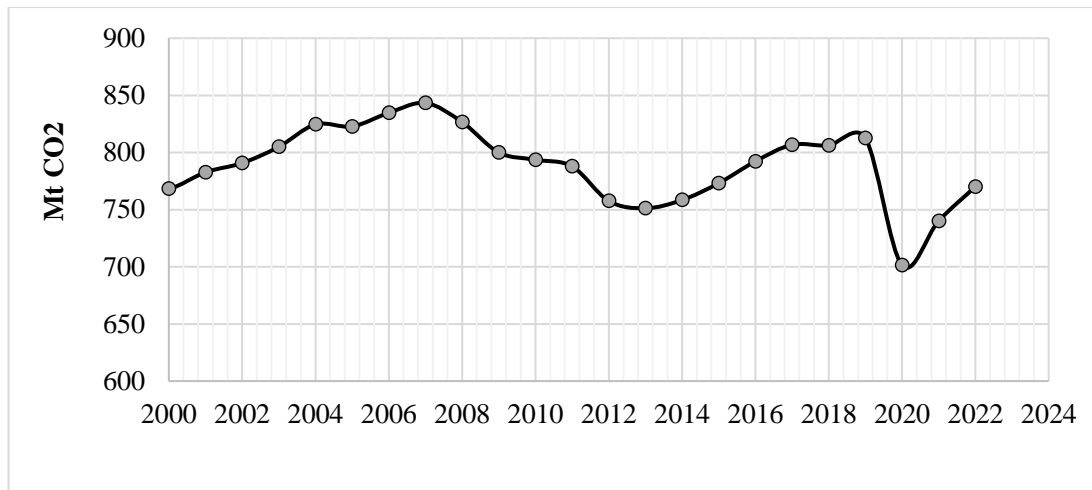


Рис. 3.16. Динаміка викидів вуглецю транспортним сектором економіки Європейського Союзу

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» [461]. 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 короткочасного 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 [433].

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 [480].

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 [461].

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) [416]. 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 [87].

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

аккумуляторів. 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 автомобільним вантажним транспортом. За оцінками, до 2050 року кількість пасажирських перевезень зросте на 42 %, а вантажних — на 60 % [489]. 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 [344]. Механізми оптимізації використання енергії в дорожніх транспортних засобах — важлива умова для збільшення їх радіусу дії [87]. 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 [344]. У авіації ведуться інноваційні розробки щодо зміни двигуна на технології з нульовим викидом вуглецю, що може кардинально змінити ситуацію в авіаперевезеннях. 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* [461], 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 [461]:

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

2) МaaS 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) МaaS 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 МaaS — інтеграція концепції у різні транспортні сектори на рівні міст. Важливо, щоб громадський транспорт, у тому числі залізничний сектор, становив надійну основу рішень МaaS.

Зазначимо, що концепція МaaS 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 МaaS 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 МaaS 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 МaaS — 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 [344].

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 [202]. 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 % [416]. 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 [292].

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 [343]. 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 [123]. Швидкий мобільний Інтернет також потрібен для роботи з дедалі більшою кількістю пристроїв. Також диджитизація 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 [202, 416, 292]:

1. 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.

2. 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.

3. 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.

4. 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.

5. Екологічна відповідальність та кліматична сталість. Усі вказані технології спрямовані на зменшення екологічного впливу транспортного сектору. Принципи сталої диджиталізації та зеленої трансформації повинні бути враховані при розробці політик та стратегій повоєнного відновлення, що сприятиме досягненню кліматичної нейтральності.

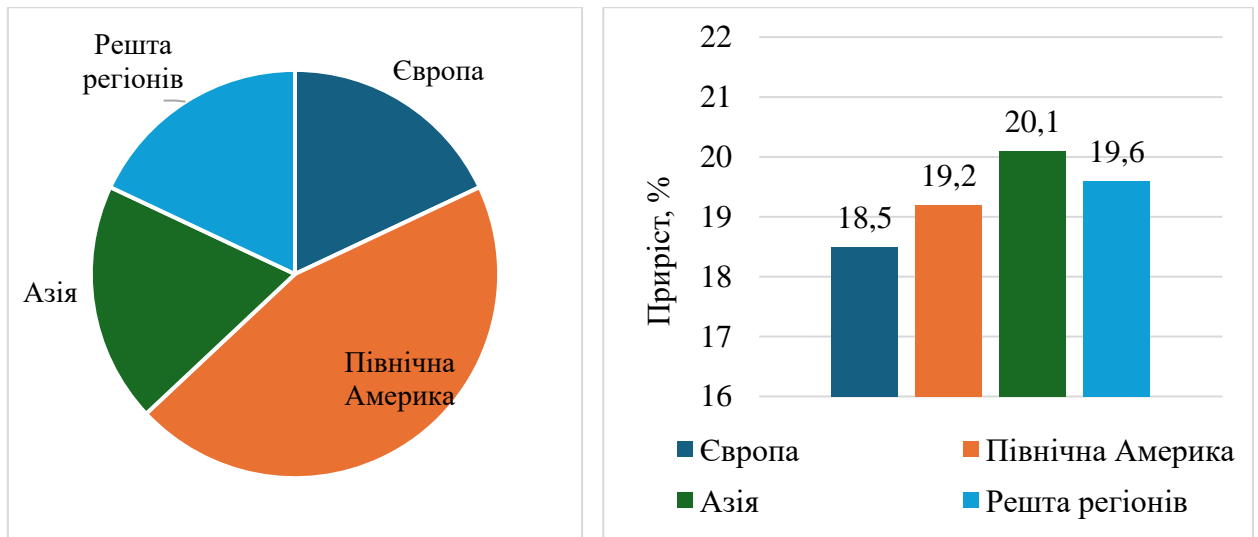
У перспективі важливо передбачити просування концепції поступового переходу від приватного володіння до спільного використання, що пропонує альтернативні низьковуглецеві транспортні засоби, допомагаючи зменшити загальний вплив на навколишнє середовище з точки зору життєвого циклу. Проте, у транспортному секторі проблема зелених націнок залишається однією з найгостріших [222]. 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.

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 [431, 84]. Сільськогосподарський сектор формує до 4,7 % ВВП Європейського Союзу, залучаючи приблизно 8 % робочої сили [202]. 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 [433]. 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.

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. 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 [203]. 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. За останні 5 років усі регіони світу продемонстрували досить вагомий стрибок у впровадженні практик розумного сільського господарства, однак частка на ринку залишається різною (рис. 3.17).



а) Структура ринку, %

б) приріст за 5 років (з 2017 по 2022)

Рис. 3.17. Розвиток розумного сільського господарства, як світового ринку

Джерело: побудовано на основі статистики [402]

. 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.

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 [283].

Динаміка зростання цього ринку дуже перспективна (рис. 3.18).

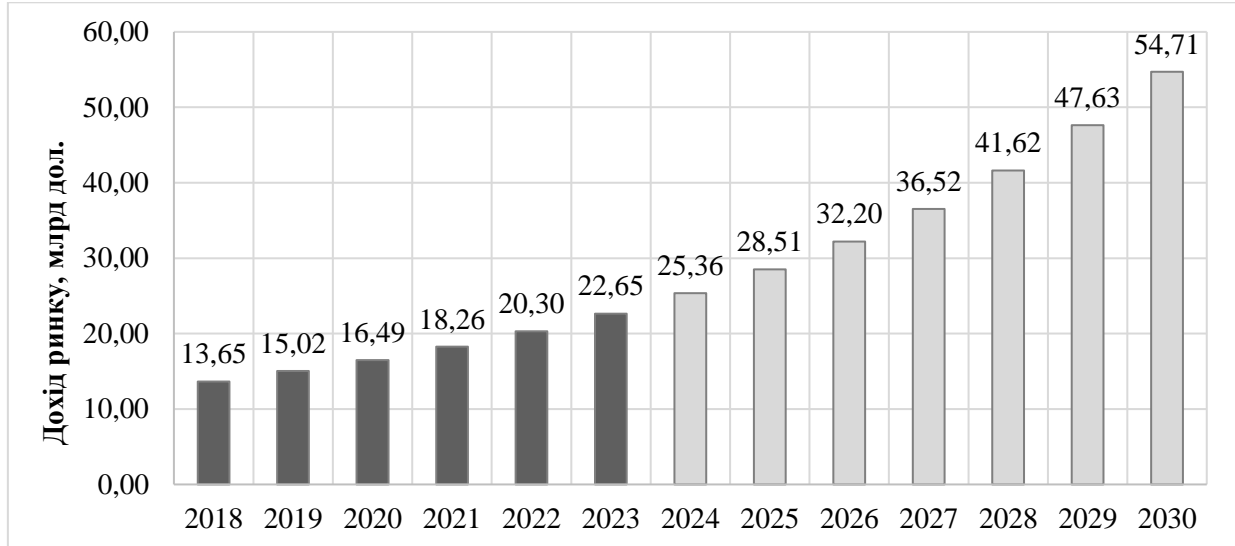


Рис. 3.18. Прогноз динаміки світового ринку розумного сільського господарства з 2024 року

Джерело: побудовано на основі статистики [402]

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 [105]. Також у процесах біоконверсії другого покоління

використовується біомаса, яка не може бути використана для харчових продуктів та кормів, що не загострює продовольчу проблему [221].

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 патернів [199]. Також для уникнення харчових відходів, потрібні нові стійкі рішення для пакування, зберігання та розповсюдження продуктів [280]. 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 [195]. 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 [492]. 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 [316].

Сучасний тренд диджиталізації «Сільське господарство як послуга» (Agriculture as a Service, AaaS або Farming-as-a-Service, FaaS) — досить ефективний механізм вирішення вказаних проблем [369, 416, 343]. 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 [242] та К. Дункана [184], 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.

Сучасна промисловість має значний вплив на навколишнє середовище, але водночас залишається ключовим двигуном економічного та суспільного розвитку. Промисловий сектор забезпечує понад 20% ВВП Європейського Союзу та створює робочі місця для близько 35 мільйонів осіб [80]. Енергоємні переробні галузі промисловості значною мірою залежать від викопного палива, що робить їх одними з найбільших джерел викидів парникових газів. На сьогодні близько 70% глобальних викидів вуглекислого газу припадає на чотири ключові сектори промисловості [480]: виробництво сталі, цементу, хімікатів та целюлозно-паперову галузь. Зазначимо, що перші три сектори вже охоплені новим механізмом вуглецевого коригування імпорту СВМ.

Російська військова агресія проти України створює серйозні загрози для енергоємних галузей виробництва, які значною мірою залежать від викопного палива як основного джерела енергії. Зростання цін на енергоносії суттєво підвищує собівартість продукції в цих секторах. В умовах дефіциту газу уряди країн ЄС змушені вдаватися до надзвичайних заходів, спрямованих на його пріоритетний розподіл, однак, такі рішення нерідко виявляються недостатньо ефективними, що призводить до зупинки виробничих процесів і зростання економічних втрат [433].

Хоча впровадження низьковуглецевих практик є критично важливим, воно залишається одним із найскладніших завдань у сфері промислового виробництва. Одним із перспективних рішень є водневі технології, які тривалий час вважалися нерентабельними порівняно з традиційними джерелами енергії для промислових підприємств. Однак триразове зростання цін на природний газ у період з березня 2021 до 2022 року стимулювало переоцінку виробництва водню як конкурентного варіанту. Створення Водневого Банку стало ключовим кроком ЄС для підтримки інновацій та

технологічного розвитку у сфері водневих технологій. Виробництво зеленого водню нині розглядається як стратегічний довгостроковий підхід до декарбонізації енергоємних галузей. Проте його широке впровадження потребує значного розширення виробничих потужностей і значних інвестицій у виробництво відновлюваної електроенергії [376].

Водночас, без врахування принципів кліматичної нейтральності та належної екологізації виробничих процесів, таке масштабування ризикує викликати ефект відскоку, що зведе нанівець очікувані екологічні переваги.

Протягом останнього десятиліття європейська промисловість зазнала суттєвих змін, зокрема зміщення акценту з виробництва на комплексне надання продуктів та сервісів. Це поступово розмиває межі між вторинним і третинним секторами економіки на фоні зростання технологічної інтенсивності [129]. Загострення дефіциту ресурсів формує додатковий тиск на енергоємні галузі, які залишаються значною мірою залежними від викопного палива як основного джерела енергії. Проте розвиток цифрових технологій, наприклад 3D-друку, відкриває нові можливості для підвищення ефективності виробничих процесів і частково компенсує ресурсний дефіцит. На думку А. Хедберга та С. Сіпки, ця тенденція стимулює сучасних промислових гравців - вони переходять від продажу/придбання продуктів до надання/закупівлі послуг як основної бізнес-моделі [249].

Промисловість відіграє вирішальну роль у реалізації кліматичних цілей Європейського Союзу. Водночас, як показує дослідження [416], значна частина скорочення викидів парникових газів на 15–30% у енергоємних секторах за останні 30 років була досягнута за рахунок підвищення енергоефективності, а не за допомогою фундаментальних змін у виробничих моделях. Проте можливості подальшого підвищення енергоефективності є обмеженими, що підкреслює необхідність впровадження проривних технологій. У цьому контексті роль диджиталізації стає дедалі більш визначальною, трансформуючи її у всеосяжний інструмент модернізації. Це особливо помітно у зростанні показників розумного виробництва (рис. 3.19).

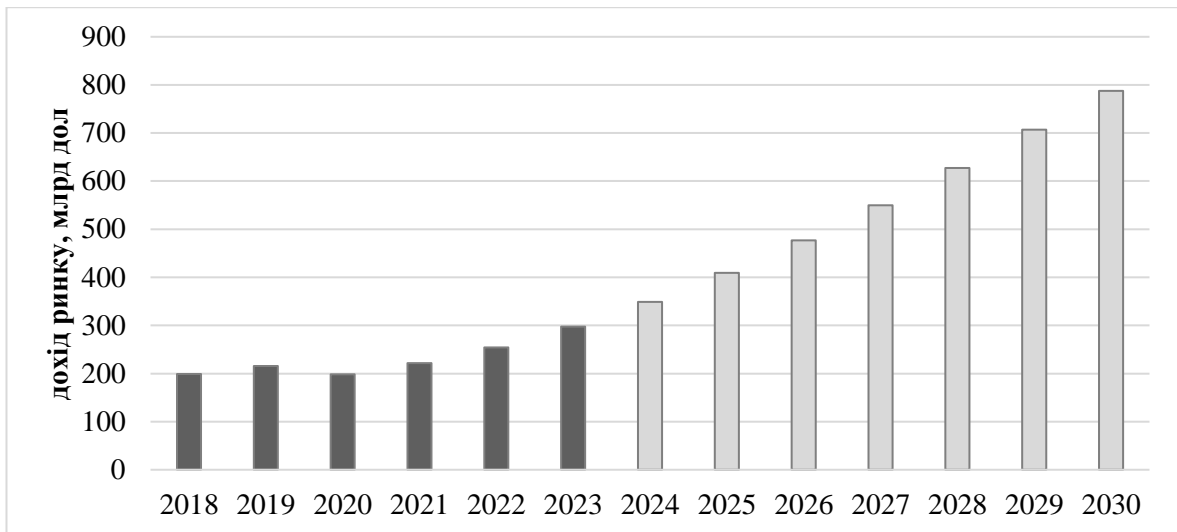


Рис. 3.19. Прогноз динаміки світового ринку розумного виробництва з 2024 року

Джерело: побудовано на основі статистики [402]

У 2023 році світовий ринок розумного виробництва оцінювався в 254,24 мільярда доларів США, а до 2030 року він зростатиме зі середньорічним темпом 14,9% [402]. Це свідчить про стрімке впровадження інтелектуальних технологій у виробничих процесах, що сприяє підвищенню ефективності та адаптивності підприємств. 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 [402, 249].

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 [175].

Розмірковуюючи 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 [158]. Матеріали відіграють важливу роль, коли мова йде про зелений перехід, оскільки очікується суттєве зростання попиту на вуглецеві матеріали (передусім, для виробництва цементу, сталі, добрив та алюмінію) значно зросте на 10-30% до 2060 року порівняно [481]. 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 [88].

Також використання цифрових технологій у процесах оптимізації матеріалів має низку переваг. Дослідження, проведене американськими науковцями, показало, що розробка нових матеріалів за традиційними методами може займати до 20-30 років, що суттєво уповільнює технологічні інновації та їх впровадження в промисловість [88]. Такий часовий лаг може стати критичним, зважаючи на терміновість впровадження нових екологічних виробничих практик для досягнення кліматичної нейтральності до 2050 року. Диджиталізація може сприяти значному скороченню часу, необхідного для розробки нових матеріалів, а також допомогти в управлінні складністю процесів оптимізації, враховуючи екологічні критерії у розрахунках. Цей сегмент світового ринку становив 88 мільйонів євро у 2021 році та, як очікується, зросте до 749 мільйонів євро до 2030 року [321]. Однак, така перспектива залежить від наявності добре освічених спеціалістів, можливості передачі досвіду та міжгалузевого трансферу технологій, особливо у складних сферах біотехнологій чи аерокосмічної галузі.

Відстеження матеріалів – ще один важливий напрям досягнення кліматичної нейтральності у межах подвійного переходу та впровадження економіки замкнутого циклу. У промисловому секторі концепція циркулярної економіки стосується закриття циклів матеріальних потоків шляхом повторного використання матеріалів наприкінці життєвого циклу продукту [335]. Цифрові технології необхідні для точного, прозорого та безпечного відстеження матеріалів у реальному часі. ЄС розробляє рішення для відстеження матеріалів за допомогою технологій Інтернету речей, блокчейну. Інтернет речей може значно спростити збір даних, підвищуючи точність і прозорість потоків матеріалів і продуктів. У свою чергу, цифрові паспорти продуктів надають інформацію про повний ланцюг створення вартості, що збільшує прозорість і дозволяє споживачам робити більш екологічно свідомий вибір. Вони також сприяють полегшенню процесу переробки. Окрім того, цифрові паспорти можуть бути використані органами влади для перевірки відповідності продуктів екологічним стандартам [336].

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 [252]. 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 [334] 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 [118] 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 сталевого брухту 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 [349]. У виробництві цементу способи скорочення викидів парникових газів включають заміну клінкеру добавками з меншим вмістом вуглецю або уловлювання викидів CO₂, яких неможливо уникнути під час виробництва клінкера [402]. У виробництві хімічних речовин також доступні різноманітні технології для зменшення впливу на навколишнє середовище, хоча їх технологічна готовність залишається [416]. 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, подвійний 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. Стала диджиталізація як важіль гармонізації цифрового-зеленого переходу

Подвійний зелений-цифровий перехід передбачає узгоджене впровадження цифрових та зелених технологій у контексті досягнення сталості в промислових, соціальних та економічних системах. Ці два потужні мейнстріми взаємодіють і доповнюють один одного для 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. 3.20).



Рис. 3.20. Дизраптори на шляху до кліматичної нейтральності світової економіки

Джерело: складено автором

Вказані чинники суттєво знижують ефективність зеленого-цифрового переходу на шляху до досягнення кліматичної нейтральності світової економіки. Недосконала цифрова інфраструктура може стати значною перешкодою для цифрового переходу, особливо в регіонах з обмеженим інтернет-покриттям та низькою якістю зв'язку. [261]. З іншого боку, наявність цифрового розриву між різними соціальними групами та регіонами може

призвести до соціальної несправедливості, що ускладнить перехід до сталого розвитку. Цифрові технології мають великий потенціал для підтримки зеленого розвитку, однак вони також призводять до значного енергетичного навантаження, що може бути в контрпродуктивним щодо принципів декарбонізації, зокрема в контексті енергоефективності використання штучного інтелекту, блокчейну та інших подібних технологій [303].

Вагомим дизраптором є також невизначеність політик, що у першу чергу, проявляється у недостатньому регулюванні та відсутності конкретних стратегічних цілей щодо досягнення кліматичної нейтральності, з урахуванням важливої ролі диджиталізації в цьому процесі. Відсутність чітких політичних напрямків та регулювань щодо зелено-цифрового переходу може продукувати певну невизначеність для економічних гравців, уповільнюючи реалізацію переходу [365]. Також недостатня інтеграція між різними технологічними платформами та відсутність співпраці між підприємствами можуть уповільнити інновації та впровадження зелених рішень [147].

У цьому контексті пропонується розглядати сталу диджиталізацію як важіль гармонізації зеленого-цифрового переходу, що полягає насамперед у посиленні інтеграції між зеленими та цифровими ініціативами для забезпечення їх ефективної взаємодії з метою досягнення глобального скорочення викидів і забезпеченні кліматичної нейтральності світової економіки (рис. 3.21).



Рис. 3.21. Стала диджиталізації в системі досягнення кліматичної нейтральності

Джерело: сформовано автором

Перший рівень гармонізації зеленого-цифрового переходу спрямований на досягнення міжнародної згоди щодо стратегії кліматичної нейтральності світової економіки та визначення інноваційної ролі диджиталізації в цьому процесі. Цей рівень охоплює низку критично важливих компонент (рис. 3.22).

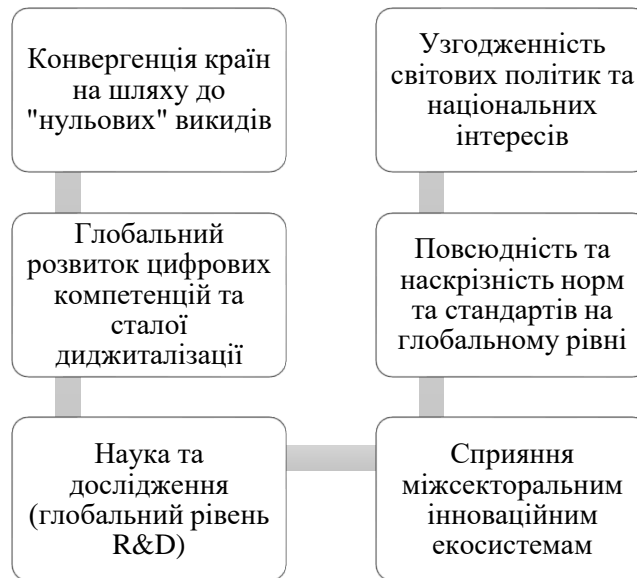


Рис. 3.22. Компоненти досягнення міжнародного консенсусу на шляху до кліматично-нейтральної економіки

Джерело: сформовано автором на основі [202, 218, 241, 343, 175]

Досягнення кліматичної нейтральності світової економіки в умовах цифрової ери та сталого розвитку потребує узгодження стратегічних візій, цінностей і цілей. Ефективна гармонізація подвійного переходу передбачає конвергентний рух держав на шляху до досягнення «нульових» викидів. Водночас одним із центральних аспектів є синергія диджиталізації, яка виступає рушійною силою екологічно стійкого, соціально справедливого й економічно відповідального розвитку. Реалізація цього підходу вимагає переосмислення диджиталізації через формування спільної стратегічної візії, орієнтованої на підтримку зеленого переходу в епоху цифрової трансформації, а з іншого боку – забезпеченні кліматичної нейтральності диджиталізації як глобального процесу.

Метою глобальної диджиталізації в умовах формування кліматично нейтральної економіки є створення стійкої та інноваційної інфраструктури,

спрямованої на зниження викидів парникових газів і раціоналізацію використання ресурсів. Це передбачає впровадження цифрових технологій, які забезпечують автоматизацію та оптимізацію виробничих процесів, підвищують енергоефективність, підсилюють прозорість і контроль у ланцюгах постачання, а також сприяють ухваленню рішень на основі даних, що зменшує екологічний вплив. Головною метою стає досягнення сталого економічного зростання через інтеграцію екологічних і цифрових рішень, які узгоджують економічний розвиток із завданнями кліматичної політики.

Досягнення цієї мети потребує створення стійких коаліцій між державними і приватними установами, зокрема за участю академічної спільноти та представників громадянського суспільства. Такі об'єднання мають спільно працювати над впровадженням подвійного зеленого-цифрового переходу, усвідомлюючи його ключову роль у досягненні кліматичної нейтральності.

Гармонізація зеленого-цифрового переходу вимагає системної інтеграції екологічних і соціальних цінностей на локальному та глобальному рівнях суб'єктами, які займають ключові позиції у сфері цифрових технологій, інновацій та управлінських практик. Одночасно з цим зобов'язання щодо зеленого розвитку та багатосторонні кліматичні угоди повинні регулярно переглядатися з урахуванням їхньої реалізації 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 екосистеми 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 [404]. 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.

Розвиток цифрових компетенцій є критично важливим для успішної реалізації подвійного зеленого-цифрового переходу, оскільки наявний цифровий розрив значно впливає на швидкість диджиталізації та її здатність задовольняти потреби зеленої трансформації. Результати досліджень вказують на те, що багатьом суб'єктам господарювання бракує ключових цифрових

навичок, необхідних для ефективного сприяння переходу до кліматично-нейтральної економіки [180, 338]. Водночас державний сектор і політичні лідери повинні не лише усвідомлювати потенційні можливості та ризики цифрової трансформації у контексті декарбонізації, але й активно нарощувати власний рівень цифрової компетентності. Це стане основою для ефективного регулювання, стимулювання і впровадження політик, спрямованих на досягнення сталого розвитку.

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 вимагає консолідованого розвитку наукової думки та активної підтримки досліджень і розробок (R&D) у цій галузі. Як зазначають О. Еспіноза та Дж. Уолкер у своїй праці [197], одним із ключових викликів для сучасної науки є усвідомлення складності внутрішніх процесів і необхідності компромісів, що постають у контексті досягнення планетарної стійкості. Це включає врахування багатовимірної складності та динаміки природних, економічних і соціальних систем, які взаємодіють у процесі забезпечення сталого розвитку.

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.

Попри значний обсяг міжнародних домовленостей та угод у сфері зміни клімату, існує відчутний дефіцит нормативно-правових та етичних основ

зеленого-цифрового переходу, а також чітко визначених цілей щодо досягнення кліматичної нейтральності світової економіки. Особливо гостро це стосується створення стандартів, які б визначали напрям диджиталізації з урахуванням соціальної стійкості та кліматичної нейтральності. Необхідно розробити глобальні стандарти й директиви, спрямовані на кліматично-нейтральне виробництво та використання цифрових технологій, що базуються на конкретних, вимірюваних, досяжних і часово обмежених показниках. Такі ініціативи повинні враховувати управління даними, які стають новим ключовим фактором виробництва поряд із землею, працею та капіталом, і сприяти розробці політик, які підтримують цифрову трансформацію відповідно до цілей зеленого переходу.

Наступний рівень моделі гармонізації передбачає подолання ключових розривів і нерівностей, що виникають у процесі зеленого-цифрового переходу та гальмують прогрес декарбонізації світової економіки (рис. 3.19).

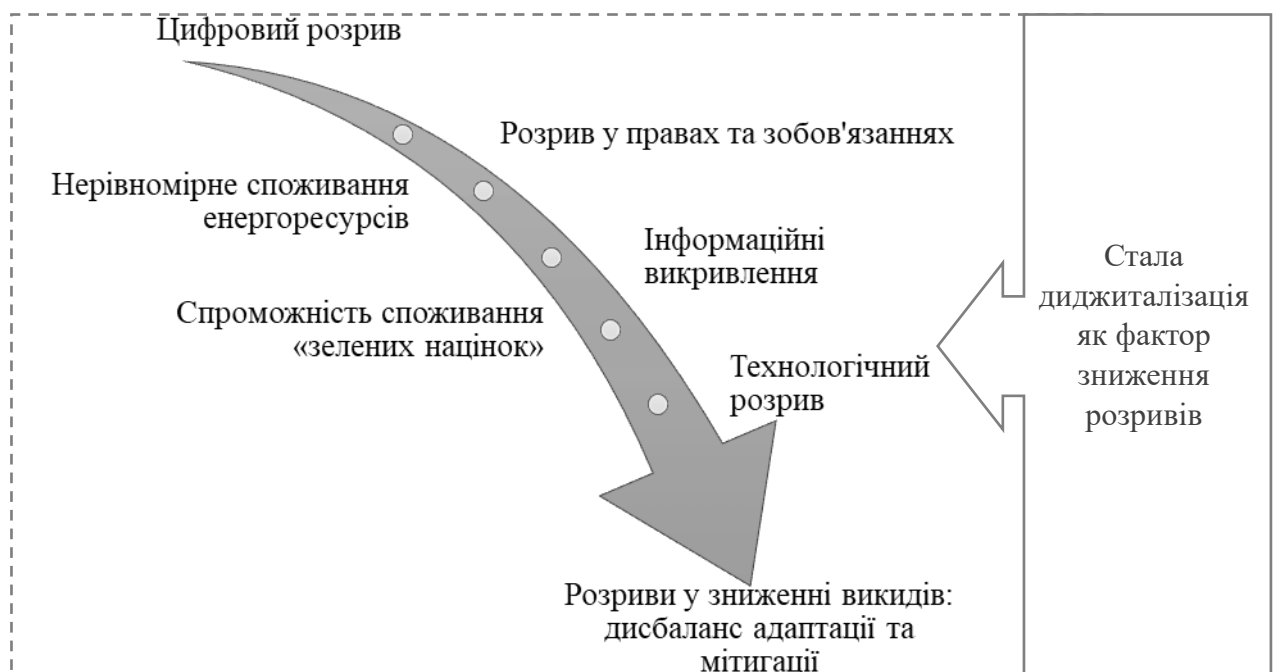


Рис. 3.23. Ключові розриви, на зниження яких спрямована стала диджиталізація

Джерело: сформовано автором

Показані розриви вимагають особливої уваги для досягнення кліматичної нейтральності світової економіки. Перший з розривів — цифровий, що відображає нерівний горизонтальний доступ до цифрових технологій між різними регіонами, а також неоднакову вертикальну доступність інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) серед різних соціальних груп. Ця проблема має критичне значення для забезпечення справедливого розподілу вигод від зеленої трансформації. За останні два десятиліття цифровий розрив у глобальному масштабі скоротився до 38,4%, однак його масштаби суттєво варіюються залежно від рівня економічного розвитку країн [110].

Інший важливий розрив пов'язаний із дисонансом між правами та зобов'язаннями, що проявляється у невідповідності між вимогами, які висувуються до країн, компаній і громадян у рамках екологічних ініціатив, та їх реальними ресурсами і можливостями. Ця невідповідність часто стає причиною конфліктів інтересів і спричиняє затримки у впровадженні кліматичних 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.

Суттєвим аспектом глобальної нерівності у процесі досягнення кліматичної нейтральності світової економіки є спроможність населення споживати товари та послуги з «зеленими націнками». Це стосується економічної здатності різних груп населення покривати підвищені витрати, пов'язані із впровадженням зелених технологій і продуктів. Такий розрив спостерігається як між країнами з різним рівнем економічного розвитку, так і всередині країн — між окремими соціальними групами. Це ставить під загрозу інклюзивність цифрового-зеленого переходу, що в свою чергу впливає на його

ефективність у досягненні «нульових» викидів у глобальній економіці. 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 дисертації.

Загалом, нерівномірність у темпах зниження викидів серед різних країн та окремих галузей створює дисбаланс між адаптацією та мітигацією. Це у свою чергу провокує нерівний розподіл зусиль і ресурсів, спрямованих як на пом'якшення наслідків зміни клімату, так і на пристосування до нових умов, що ускладнює досягнення узгоджених глобальних цілей. Відсутність збалансованого підходу може призводити до недостатньої підготовки до проявів наслідків зміни клімату у майбутньому.

Вищезазначені міркування підкреслюють необхідність забезпечення сталої диджиталізації як ключового елемента гармонізації зеленого-цифрового переходу світової економіки та мінімізації критичних розривів для досягнення кліматичної нейтральності світової економіки. Концепт сталої диджиталізації спрямовано на зменшення негативних екологічних і соціальних наслідків, пов'язаних із впровадженням цифрових технологій. Ці виклики включають високе споживання енергії та матеріальних ресурсів, що сприяє збільшенню вуглецевого сліду цифрових систем, а також соціальні проблеми, такі як дестабілізація моделей споживання, поширення дезінформації, нерівний доступ до цифрових технологій і дискримінація у доступі до цифрових навичок та можливостей.

Отже, стала диджиталізація орієнтована на відповідальне, етичне та довгостроково стійке використання цифрових технологій, яке ґрунтується на впровадженні сукупності ключових принципів (рис. 3.21).

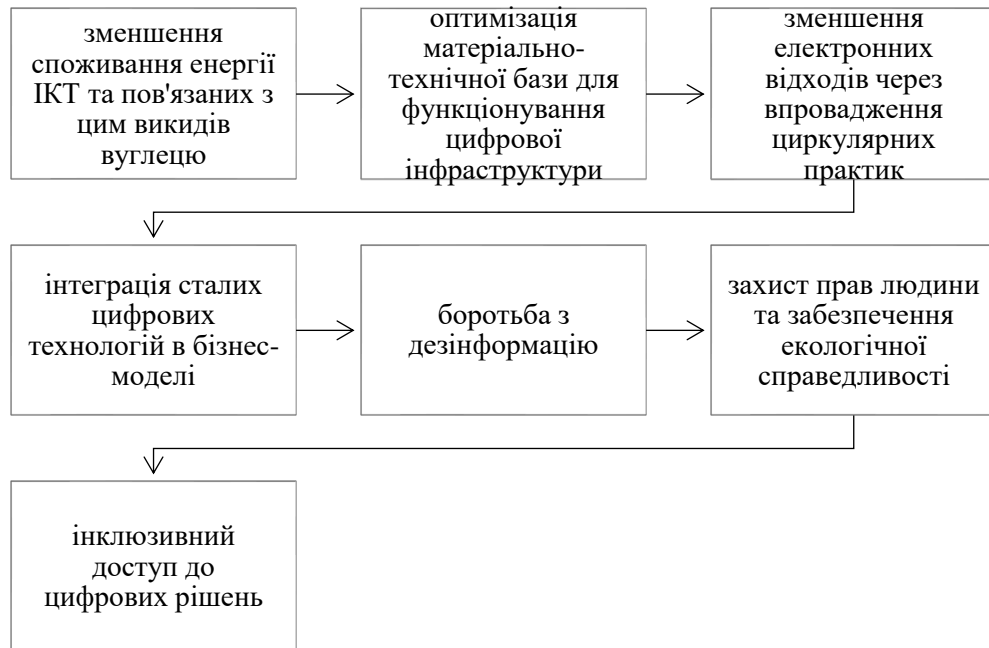


Рис. 3.21. Принципи сталої диджиталізації для досягнення кліматичної нейтральності

Джерело: сформовано автором

Перший принцип спрямований на зменшення енергоспоживання та пов'язаних із ним викидів CO₂. Згідно з прогнозами Міжнародного енергетичного агентства, частка інформаційно-комунікаційних технологій у загальному світовому споживанні електроенергії може досягати від 3,2% до 7% [481]. Водночас наукові дослідження свідчать, що ІКТ формують від 1,8% до 3,9% глобального вуглецевого сліду [101]. Особливу загрозу становить швидке зростання сектору криптовалют, який значно посилює енергетичне навантаження та збільшує обсяги викидів. Зокрема, лише вуглецевий слід мережі Bitcoin за період з 2017 по 2022 рік становив 114 мегатонн CO₂ [119]. Такий обсяг викидів порівнянний із річними викидами цілих країн, таких як Бельгія, Чехія або Україна, чи, наприклад, зі щорічним вуглецевим слідом аграрного сектору глобальної економіки.

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 [436]. Важливо також дотримуватися цих принципів на глобальному рівні через відповідні політики та міжнародні домовленості.

Ще одним важливим принципом сталої диджиталізації є оптимізація матеріально-технічної бази, необхідної для підтримки функціонування цифрової інфраструктури. Стрімке зростання цифрової економіки суттєво підвищує попит на критично важливі матеріали, які використовуються у виробництві пристроїв інформаційно-комунікаційних технологій, таких як комп'ютери, мобільні телефони, акумулятори та інші компоненти. Водночас, із зростанням потреби у впровадженні екологічно чистих технологій для підтримки енергетичних переходів, прогнозується, що видобуток ключових елементів, зокрема графіту, літію та кобальту, до 2050 року може зрости у п'ять разів [330]. Наразі вважається, що існує щонайменше двадцять чотири критичні елементи, важливі для підтримки цифрового майбутнього, у тому числі — рідкісноземельні елементи [167]. Експлуатація таких ресурсів має багатогранні екологічні, соціальні та політичні наслідки, які значною мірою залежать від спроможності національних та місцевих урядів здійснювати ефективний моніторинг і мінімізацію цих впливів. Згідно з даними дослідження, на початку світової пандемії було зафіксовано рекордний обсяг електронних відходів — 53,6 мільйона метричних тонн, що підкреслює масштаб проблеми утилізації цифрових технологій, що важить більше ніж усі коли-небудь створені комерційні літаки типу Boeing 747 [217].

Лише 17,4% цих електронних відходів було офіційно зібрано та у подальшому перероблено. Це особливо критично з огляду на те, що наразі лише 78 країн світу мають законодавчі акти, спрямовані на управління електронними відходами. Швидке накопичення таких відходів наголошує на необхідності інтеграції принципів циркулярності у рамках концепції сталої диджиталізації, що дозволить мінімізувати екологічні ризики та оптимізувати використання ресурсів.

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 [83]. 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 [285]. 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 [152]. 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.

Стала диджиталізація виконує ключову функцію у протидії дезінформації, яка становить серйозну загрозу для зусиль, спрямованих на підвищення екологічної обізнаності та реалізацію заходів із пом'якшення наслідків зміни клімату. Як свідчать результати дослідження Массачусетського

технологічного інституту, неправдива інформація поширюється на 70% швидше, ніж достовірні повідомлення [470]. Дезінформація, зокрема у сферах сталого розвитку, таких як зміна клімату, втрата біорізноманіття та забруднення довкілля, створює суттєві перешкоди для досягнення глобальних екологічних цілей. Вона підриває колективні зусилля та ініціативи, послаблює довіру до державних та міжнародних інституцій, а також поглиблює суспільну поляризацію та сприяє зростанню недовіри між різними соціальними групами. Ці негативні ефекти ускладнюють координацію спільних дій і гальмують реалізацію заходів, спрямованих на досягнення кліматичної нейтральності. У такому контексті розробка та впровадження ефективних механізмів боротьби з дезінформацією набувають критичного значення. Ці механізми повинні базуватися на широкому використанні цифрових технологій, які забезпечують доступ до науково обґрунтованої та достовірної інформації. Активне поширення таких даних, зокрема за допомогою відкритих платформ, інструментів штучного інтелекту та автоматизованого аналізу контенту, здатне суттєво зменшити негативний вплив дезінформації та сприяти формуванню обізнаного, згуртованого суспільства, готового до активних дій у напрямку сталого розвитку [259].

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.

У процесі переходу до кліматично-нейтральної економіки одним із центральних завдань сталої диджиталізації є забезпечення захисту прав людини та підтримання екологічної справедливості. У міру того, як цифровий простір охоплює дедалі більшу кількість користувачів, організацій і систем штучного інтелекту, захист прав людини в онлайн-середовищі стає невід'ємною складовою сталих систем управління. Такі фундаментальні

права, як свобода слова, право на конфіденційність, мирні зібрання, а також захист прав дітей і корінних народів, піддаються суттєвому впливу викликів диджиталізації. Ця динаміка обумовлює необхідність розробки стратегій і механізмів, які б гарантували дотримання прав людини та забезпечували соціальну рівність у цифрову епоху.

Згідно з дослідженнями, в питанні розвитку сталої диджиталізації особливу увагу необхідно зосередити на трьох ключових аспектах: [140]:

- порушення прав людини, які виникають унаслідок конфліктів щодо землекористування під час видобутку мінералів, необхідних для створення та розвитку зеленої цифрової інфраструктури, включно з кобальтом, графітом, міддю та рідкоземельними металами, особливо на землях, неселених корінними народами та місцевими спільнотами;

- порушення прав людини, що проявляються у формах цифрового нагляду та репресій, спрямованих проти екоактивістів, правозахисників, журналістів і 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 права на приватність в інтернеті з боку приватних компаній та державних органів.

Отже, наведені міркування формують концептуальну основу для розуміння сталої диджиталізації як важливого інструменту подолання розривів і нерівностей, що виникають у процесі подвійного зеленого-цифрового переходу, спрямованого на досягнення кліматичної нейтральності світової економіки.

Одним із ключових аспектів сталої диджиталізації є здатність задовольнити технологічні та цифрові потреби кліматично-нейтральної економіки. Це вимагає прискорення інновацій у багатьох сферах, оскільки низьковуглецеві рішення, яких гостро потребує світова економіка, часто

перебувають на початкових стадіях розробки або ж ще не пройшли належної апробації для їх широкомасштабного впровадження. Цю тенденцію підтвердило багаторічне практично орієнтоване дослідження Біла Гейтса та R&D його організації BreakThroughEnergy [222]. Пріоритетність глобальної підтримки та розвитку інновацій підтверджується в одному з тематичних брифінгів ООН [460], 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.

Інноваційне «прискорення» зеленого-цифрового переходу є ключовою передумовою забезпечення гармонійного та синхронного руху до досягнення «нульових» викидів. Однак його реалізація вимагає значної стратегічної підтримки.

Аналіз форсайтів Європейського Союзу, проведений за останні роки [202], дозволив визначити критично важливі напрями інновацій, які слід враховувати як у короткостроковій, так і в довгостроковій перспективі забезпечення кліматичної нейтральності світової економіки (табл. 3.4). З одного боку, окреслені напрямки ілюструють сприятливий сценарій розвитку цифрових 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. Зазначені напрями інновацій фактично демонструють, як диджиталізація здатна адаптуватися до потреб зеленого переходу, поступово трансформуючись від сучасних технологічних рішень до впровадження передових практик майбутнього. Крім того, форсайти підкреслюють важливість розробки інтегрованих цифрових платформ і алгоритмів, здатних забезпечити синергію між кліматичними та економічними цілями. Саме такі інновації відкривають перспективи для формування

глобальної економіки нового покоління, заснованої на принципах стійкості, ефективності та кліматичної відповідальності.

Таблиця 3.4

Стратегічні напрями інновацій для забезпечення кліматичної нейтральності світової економіки

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, літій-іонні 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), високоєфективні будинки з автоматизованими системами управління	Покращені методи рециклінгу, 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 [202, 247]

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 [460]. 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 [164], 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 їх життєвого циклу, включаючи походження продукту, його склад, екологічні та вуглецеві показники, можливості ремонту, демонтажу і утилізації в кінці терміну служби [217]. 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 [232].

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 [428]. 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 лєвова частка не закладає отримання прямої вигоди від цифрових технологій, платформ, програм та систем SMART [152]. Більшість національних законодавчих систем досі спираються на традиційні підходи, орієнтовані виключно на регулювання «фізичного» світу, і значною мірою ігнорують потенціал цифрових технологій у досягненні цілей сталого розвитку та забезпеченні дотримання нормативних стандартів. Крім того, чинне законодавство часто виявляє недостатню адаптивність і гнучкість для ефективної підтримки подвійного зеленого-цифрового переходу. Усунення цих бар'єрів вимагає розвитку таких ключових напрямків:

1. Адаптація систем управління до змінних ризиків та можливостей через використання зворотного зв'язку в реальному часі та штучного інтелекту.
2. Диджиталізація на державному рівні із врахуванням критеріїв кліматичної сталості.
3. Прозорий моніторинг і звітування про дотримання законодавчих вимог і досягнення кліматичних цілей, що сприяє підвищенню довіри та ефективному контролю виконання політик.
4. Субсидіарність і децентралізоване управління, орієнтовані на стимулювання колективних дій через використання цифрових каналів для залучення громад і бізнесу до процесів ухвалення рішень.
5. Цифрові механізми для участі громадськості у прийнятті рішень та краудсорсинг управлінських пріоритетів.

Отже, Розвиток кліматично-нейтральної економіки потребує пріоритетного впровадження інновацій, які стають катализаторами зеленого-цифрового переходу. У сучасних умовах цифрової глобалізації країни мають

можливість отримати значні переваги завдяки «стрибковим» технологічним рішенням у сферах розумних міст, будівель, транспорту, сільського господарства, енергетики тощо. Такий прогрес має кумулятивний ефект для економіки, стимулюючи розвиток різних галузей, формування нових ринків і створення додаткових 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 [393] 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.

Висновки до розділу 3

Проаналізовано динаміку конвергентних процесів за галузями світової економіки. Показано, що за останнє десятиріччя відбулось часткове переміщення вуглецевого сліду світової економіки з країн ЄС та північної Америки до країн південно-східної Азії. у 1990-х роках лівову частку вуглецевого сліду формували економіки США та Європи (відповідно 22,5%,

35,3%), то станом на 2022 рік найбільшими емітентами викидів є Китай та решта країн південно-східної Азії (відповідно 30,7% та 20,3%). 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 вуглецевого навантаження економіки у 3,5-4 рази.

Показано, що на рівні світової економіки зберігається дивергентна тенденція в динаміці вуглецевого сліду, що свідчить про незлагодженість спільних зусиль та дисбаланс, спричинений нарощуванням викидів важкоговиками індустрії (Китай, Індія, росія). Водночас, економіка ЄС демонструє конвергентну тенденцію, що підтверджує перспективи досягнення кліматичної нейтральності в регіоні. Однак, бета-модель демонструє недостатній рівень скорочення викидів економіками Польщі, Болгарії, та початок відставання Іспанії, Франції та Італії від загальної динаміки.

Найбільш вуглецево інтенсивними залишаються енергетика, транспорт, будівництво та важка промисловість. Проілюстровано, що нині сільське господарство та будівництво є галузями, для яких характерна позитивна конвергентна тенденція в наближенні до «чистого нуля» викидів одночасно за параметрами сигма- та бета- моделей. Водночас, ідентифіковано дивергентні тенденції розвитку світової енергетики та транспорту. Показано різну природу цього процесу: в енергетиці - на тлі одночасного зростання доступу до енергії країн з низьким рівнем доходу та одночасного збільшення частки відновлювальних джерел у структурі споживання країн з різних груп за рівнем економічного доходу; в транспортній галузі – за збереження високої варіативності вуглецевої інтенсивності цього сектору між країнами.

Здійснено позиціонування країн світу за групами: кліматичні агресори; актори зниження вуглецевого сліду економіки; нові забруднювачі; кліматичні маргінали. Модель конвергенції масштабовано для показників цифрового розвитку, визначено позиціонування країн в групах: цифрові гіганти; цифрові адаптери; цифрові спринтери; цифрові периферійники. Показано, що важливою умовою досягнення кліматичної конвергенції світової економіки є скорочення

розбіжностей між країнами за абсолютними значеннями макропоказників при одночасній підтримці динамічної рівноваги скорочення викидів.

Підкреслено, що практично в усіх галузях світової економіки темпи скорочення вуглецевого сліду залишаються недостатніми для досягнення «чистого нуля» викидів до 2050 року, що потребує інтенсифікації зеленого-цифрового переходу на глобальному рівні. Проаналізовано міжнародний досвід зеленого-цифрового переходу галузей економіки з акцентом на передові практики ЄС у цьому напрямку. Показано, що кліматична нейтральність має розглядатися як інтегральний принцип подвійного переходу світової економіки, загальними орієнтирами рефреймінгу є: інтеграція кращих практик диджиталізації в усі сектори економіки; низьковуглецеві бізнес-моделі; максимальне залучення суб'єктів господарювання до практик декарбонізації; врахування різної вуглецевої інтенсивності галузей для ефективнішого перерозподілу ресурсів; використання цифрових інновацій для підвищення енергоефективності; підтримка циркулярних практик з оцінкою їх вуглецевої інтенсивності. Показано, що ефективними цифровими драйверами рефреймінгу є: для енергетики - розширення смарт-мереж для оптимізації енергоспоживання, зокрема через інтеграцію Інтернету речей та штучного інтелекту; для транспорту - перехід до електромобільної та відповідної інфраструктури, сервісів MaaS, впровадження інфраструктури, а також розвиток розумних транспортних систем; будівництва - підвищення енергоефективності будівель, моніторинг та впровадження цифрових двійників у процес конструювання.

Визначено ключові дизраптори, які негативно впливають на досягнення цілей кліматичної нейтральності, а саме: інфраструктурні обмеження; цифровий розрив та відсутність необхідних навичок; нерівномірний доступ до технологій та інновацій; енергетичне навантаження та вуглецева інтенсивність цифрових технологій; невизначеність політики та регулювання у напрямку "нульових викидів"; обмеження міжнародної співпраці та інтеграції; дисонанс політик; фінансові бар'єри. Обґрунтовано, що стала диджиталізація сприяє пом'якшенню окреслених дизрапторів та гармонізації зеленого-цифрового

переходу, що 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.

Показано, що стала диджиталізація є центральною складовою гармонізації переходу поруч з такими елементами, як досягнення міжнародного консенсусу та системність і спрямованість інновацій. Систематизовано ключові принципи сталої диджиталізації, які включають: зменшення споживання енергії ІКТ та пов'язаних з цим викидів вуглецю; оптимізація матеріально-технічної бази для функціонування цифрової інфраструктури; зменшення електронних відходів через впровадження циркулярних практик; інтеграція сталих цифрових технологій в бізнес-моделі; боротьба з дезінформацією; захист прав людини та забезпечення екологічної справедливості.

Основні наукові результати, представлені в розділі 3, опубліковано в таких працях автора: 39, 44, 45, 50, 51, 57, 58, 254, 283, 298, 305, 308, 309

РОЗДІЛ 4. ГЛОБАЛЬНА МОДЕЛЬ ЦИФРОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КЛІМАТИЧНОЇ НЕЙТРАЛЬНОСТІ СВІТОВОЇ ЕКОНОМІКИ

4.1. Системні напрями реалізації міжнародних кліматичних-цифрових ініціатив як диференційована система

Диджиталізація, як драйвер кліматично-нейтральної світової економіки, дозволяє використовувати широкий спектр цифрових інструментів та рішень в кліматичному управлінні та зеленому переході.

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, "Sustainable digitalization" від Європейського цифрового альянсу малого та середнього бізнесу та інші. Ці платформи збирають дані про кліматичні проекти з різних регіонів світу та роблять перші спроби впорядкувати їх відповідно до цілей кліматичного управління. Така інформація – цінний ресурс для аналізу ключових напрямків, умов, ресурсів, джерел та загальних можливостей реалізації кліматичних-цифрових ініціатив, що дозволяє представити наявний досвід як глобальну диференційовану систему розвитку кліматично-нейтральної економіки.

Нижче представлено результати дослідження вибірки 370 міжнародних проектів, які спрямовані на подолання кліматичних викликів та, водночас, інтегрують цифрові рішення для їх реалізації. Провайдером статистики кліматичних-цифрових проектів є ініціатива "Sustainability in the Digital Age" від Future Earth Canada Hub [165], що за запитом надає доступ науковцям з усього світу до ядра бази даних для ведення авторських наукових досліджень. Фактично, це приклади різних застосувань цифрових технологій для боротьби зі зміною клімату, які зібрано щоб краще охарактеризувати типи залучених суб'єктів та особливості реалізації.

Міжнародні кліматичні ініціативи, що передбачають використання цифрових технологій, відібрано по всьому світу відповідно до трьох основних критеріїв:

1. Допомагають зменшити джерела або збільшити поглиначі викидів парникових газів (спрямування на ключовий принцип кліматичної нейтральності – зменшення та ліквідація вуглецевого сліду);

2. Містять цифрові інструменти з проривним потенціалом, які демонструють показовий досвід у вирішенні кліматичної проблеми;

3. Прагнуть впливати на урядові та/або неурядові процеси прийняття рішень, залучаючи широке коло учасників у межах різних типів партнерства.

У дослідженні було використано загальний підхід до аналізу даних, викладений в аналітичному звіті [85], однак розширено його межі для побудови авторської типології кліматично-цифрових проектів, їх широкої систематизації та подальшого формування авторського бачення «цифрового каркасу» кліматично-нейтральної економіки.

Аналіз загальної канви кліматичних-цифрових ініціатив показав, що диджиталізація відкриває широкі можливості для забезпечення та підтримки кліматично-нейтральної економіки на різних рівнях взаємодії економічних суб'єктів, держави та громадянського суспільства. Однак, проблема забезпечення справедливого та рівного доступу до цифрових технологій, що відіграють ключову роль у кліматичних проектах, 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 доступним. Перехід до низьковуглецевих практик в економіці все більше зміщується в бік більш ринкового підходу. Приватний сектор є реалізатором більшості кліматичних-цифрових ініціатив, у той час як громадський сектор, який має бути ключовим «замовником змін» потребує залучення широкого партнерства для реалізації необхідних змін (рис. 2.13).

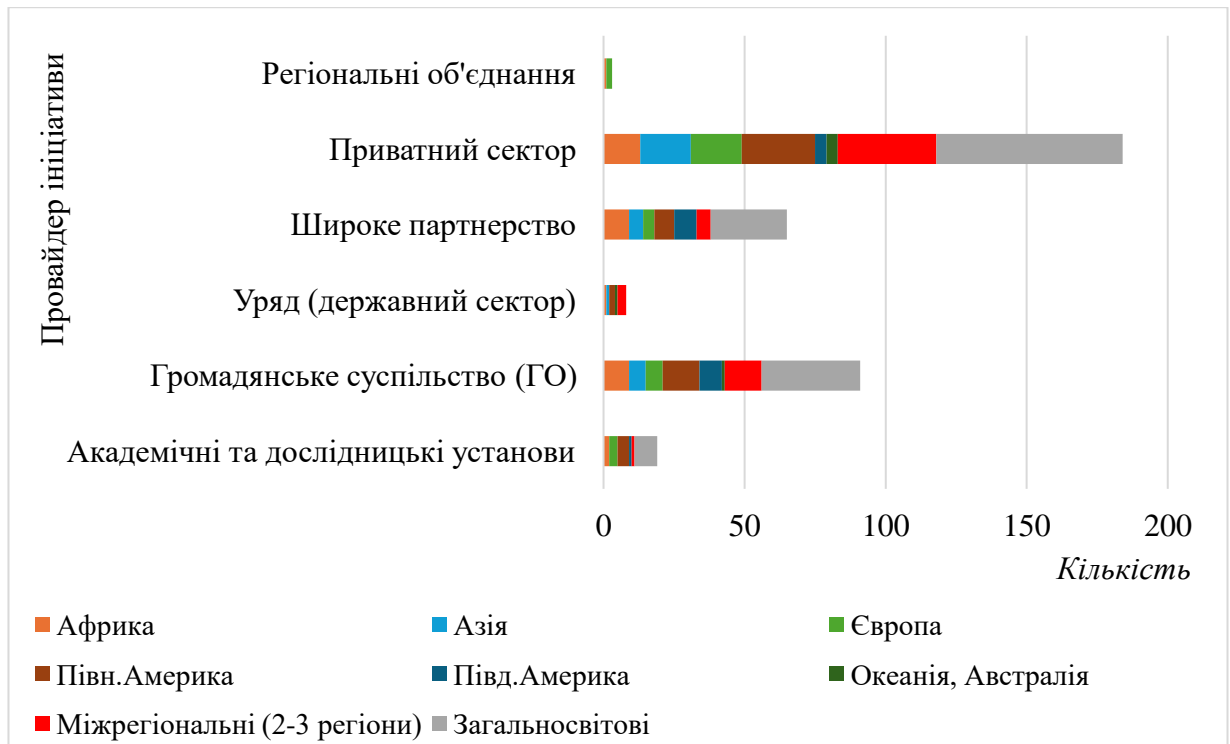


Рис. 4.1. Провайдери кліматично-цифрових ініціатив за регіонами світу

Джерело: побудовано автором на основі набору статистичних даних [165]

Отже, реальний сектор економіки – ключовий розробник кліматично-цифрових проєктів, що задовольняє попит на них практично в усьому світі. Це свідчить про те, що ринкові важелі, 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.

Деталізація відсоткової структури кліматичних-цифрових проєктів за регіонами світу, для яких вони були реалізовані, показала помітну диференціацію (рис. 4.2).

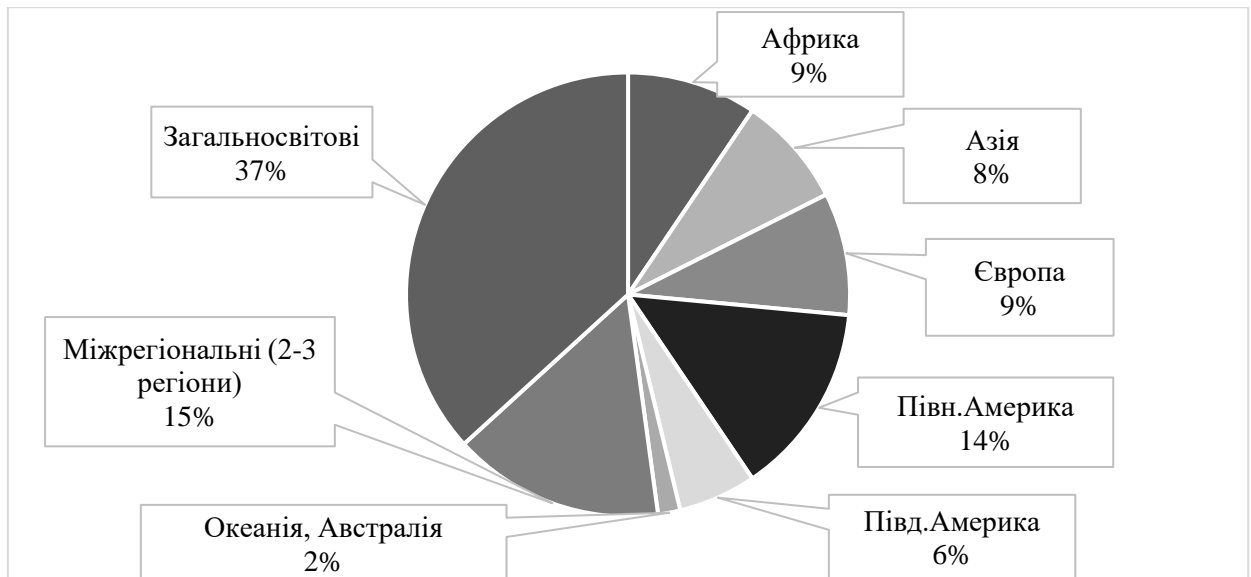


Рис. 4.2. Регіони-реципієнти кліматично-цифрових проєктів

Джерело: побудовано автором на основі набору статистичних даних [165]

Крім того, лєвова частка кліматично-цифрових ініціатив (37%) нині є універсальними або розроблені під потреби відразу кількох регіонів (15%). Це дозволяє застосовані напрацьовані моделі в різних країнах. Утім, майже половина ініціатив потребує фокусування під потреби конкретного регіону, що обумовлено специфікою кліматичної проблематики у різних частинах земної кулі. Велика кількість кліматично-цифрових проєктів стосується екологічних питань у Північній Америці (14%), тоді як шлях вирішення специфічних проблем в Африці, Азії та Південній Америці все ще недостатньо охоплений. Низький показник проєктної діяльності в Австралії може бути пов'язаний з тим, що Австралія швидше приєднується до глобальних та міжконтинентальних кліматичних-цифрових ініціатив, а також ініціює власні внутрішні програми кліматичного управління.

Водночас, виявлено значний структурний розрив кліматичних-цифрових ініціатив, спрямованих на заходи адаптації та мітигації у різних регіонах світу. Дисбаланс між заходами адаптації (непрямий вплив) і мітигації (прямий вплив на зниження викидів) у різних регіонах світу свідчить про нерівномірний розподіл ресурсів, потреб та пріоритетів у реалізації кліматичних-цифрових ініціатив. Фактично, такий баланс є відображенням різниці в рівнях розвитку,

уразливості до кліматичних змін та економічної спроможності країн і окремих регіонів реалізовувати програми кліматичної адаптації та мітигації (Рис. 4.3.).

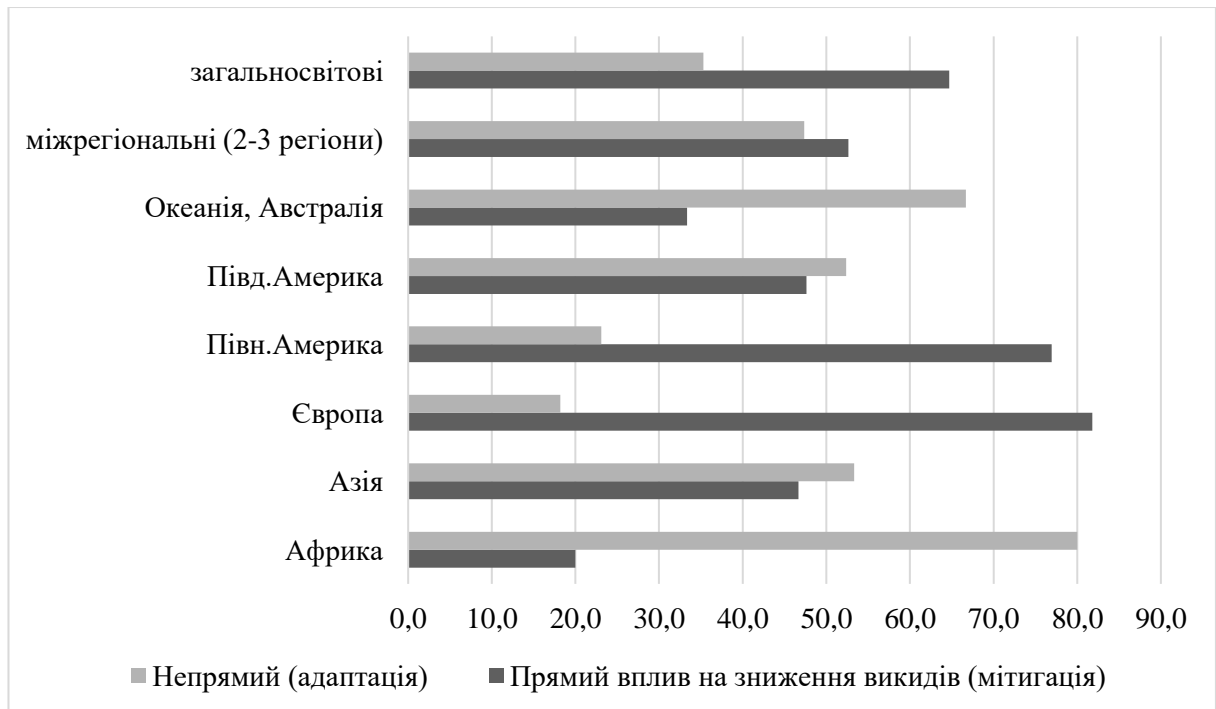


Рис. 4.3. Баланс кліматичних-цифрових ініціатив з адаптації-мітигації за регіонами світу

Джерело: побудовано автором на основі набору статистичних даних [165]

Африка та Азія демонструють значну увагу до заходів адаптації, що свідчить про високу вразливість цих регіонів до кліматичних змін, таких як посухи, повені та, як наслідок, зниження продовольчої безпеки. Ситуація загострюється тим, що ці регіони стикаються з обмеженими фінансовими та технологічними ресурсами, що ускладнює впровадження масштабних мітигаційних заходів, таких як розвиток відновлюваних джерел енергії, перехід на низьковуглецеві моделі виробництва тощо.

Натомість, сучасна Європа та Північна Америка роблять більший акцент на мітигаційних заходах, що пов'язано з високим рівнем економічного розвитку, технологічної спроможності, цифрового потенціалу, що дозволяє реалізовувати проекти зі зменшення викидів. У цьому напрямку слід відзначити значно більший прогрес ЄС у реалізації ринкових важелів

компенсації викидів, спрямованих на їх зниження, такі як система торгівлі викидами, вуглецеве оподаткування та ін.

Міжрегіональні проекти демонструють відносно збалансований підхід, що може свідчити про прагнення до більш уніфікованого підходу у розробці універсальних ініціатив, який дозволяє інтегрувати як заходи адаптації для підтримки місцевих громад, так і заходи мітигації для довгострокового зменшення індустріального впливу на клімат.

Натомість, загальносвітові кліматичні-цифрові проекти, які здебільшого мають універсальний характер впровадження, демонструють сильний акцент на мітигації, що відображає глобальні зусилля, спрямовані на зменшення викидів парникових газів як головного чинника кліматичних змін. Це також може вказувати на домінування країн із високим рівнем доходу у формуванні кліматичної політики.

У цілому, дисбаланс адаптації-мітигації свідчить про те, кліматично-цифрові ініціативи необхідно краще адаптувати до регіональних потреб і можливостей. Розглядаючи наведену статистику розподілу як своєрідну репрезентацію регіонального запиту на сталість, можна сказати, що регіони, які нині найбільше страждають від кліматичних змін, потребують значних інвестицій у адаптацію, тоді як економічно розвинені країни повинні зосередитися на скороченні викидів та підтримці менш розвинених регіонів. Це також вказує на важливість інтеграції цифрових технологій для покращення ефективності як адаптаційних, так і мітигаційних заходів.

У цьому напрямку важливу роль відіграватиме міжнародне партнерство. Вважаємо за доцільне підкреслити, що голос громадянського суспільства є надзвичайно важливим у боротьбі зі зміною клімату. Примітним фактом є те, що найефективнішою моделлю подвійного зеленого та цифрового переходу в найбільш вразливих регіонах, таких як Африка та Південна Америка, стало реалізація програм широкого партнерства із залученням громадських організацій. Це забезпечує субсидіарність в реалізації кліматичних ініціатив.

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 країн Африки, Азії та Південної Америки.

Аналізуючи регіони-провайдери кліматично-цифрових ініціатив, варто підкреслити, що вони переважно зосереджені у ЄС, США та Канаді, які пропонують рішення для всього світу, підтримуючи кліматично-нейтральний вектор розвитку (рис. 4.4).

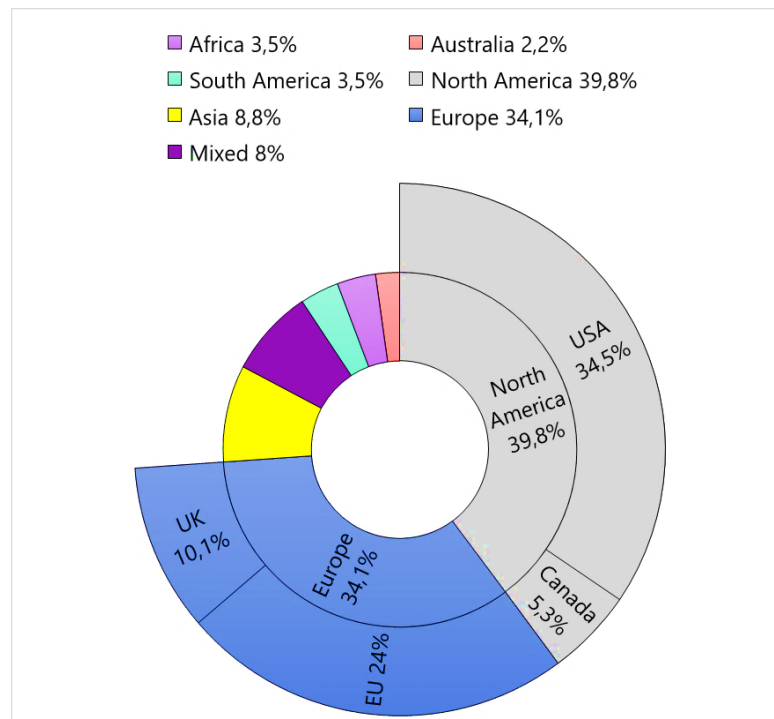


Рис. 4.4. Регіони-розробники кліматично-цифрових проєктів

Джерело: побудовано автором на основі статистичних даних [165]

Як бачимо, зазначені регіони – найбільші постачальники кліматично-цифрових проєктів, що обумовлено поєднанням двох ключових факторів:

1) наявність високого цифрового потенціалу для розробки технологій та інновацій для вирішення задач кліматичного регулювання, наявність відповідної бази та доступу до джерел фінансування;

2) широка обізнаність в питаннях зеленого переходу та кліматичної нейтральності, що особливо характерно для ЄС, як хедлайнера цього процесу на глобальному рівні.

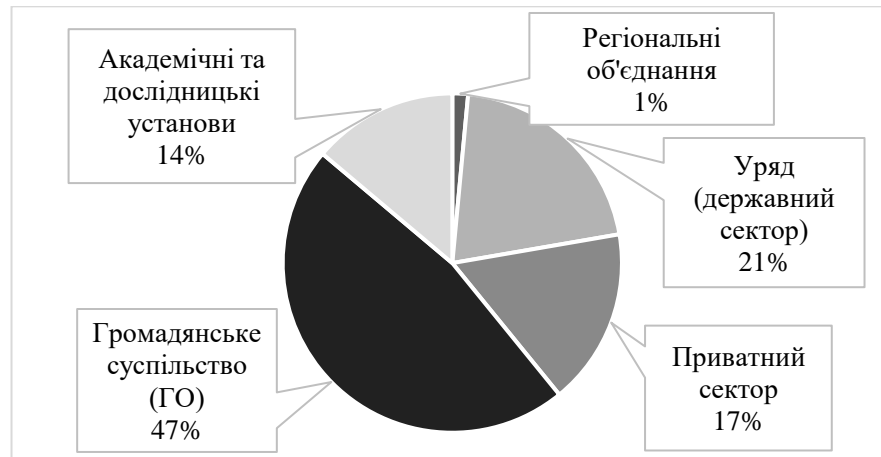
З іншого боку, той факт, що провайдерами 75% усіх кліматично-цифрових ініціатив є інституції ЄС, США та Канади говорить про значну поляризацію у забезпеченні потреб кліматичного регулювання. Повертаючись до питання субсидіарності – такий розподіл є певним фактором ризику.

У цілому, субсидіарність — це принцип, згідно з яким рішення повинні прийматися на нижчому, локальному рівні, якщо це можливо [102]. В контексті досягнення кліматичної нейтральності цей принцип набуває особливої ваги, оскільки найбільш вразливі регіони, як Африка та Південна Америка, часто стикаються з численними викликами: від нестабільності політичних інститутів до обмежених ресурсів для здійснення масштабних кліматичних ініціатив. Застосування принципу субсидіарності в таких регіонах може означати, що рішення про впровадження кліматичних програм і цифрових технологій повинні виходити не тільки з міжнародних чи національних установ, але й включати локальні органи, передусім громадянське суспільство. Це дозволяє враховувати специфічні потреби та особливості кожної громади, що значно підвищує ефективність впровадження ініціатив. Наприклад, у африканських країнах важливу роль відіграють не тільки уряди, але й місцеві організації та громади, які мають досвід і знання щодо локальних екологічних і соціальних викликів. Тому, залучення їх до розробки і реалізації проектів, орієнтованих на сталий розвиток та кліматичну нейтральність, дає можливість врахувати місцеві контексти й забезпечити кращу адаптацію до умов і потреб.

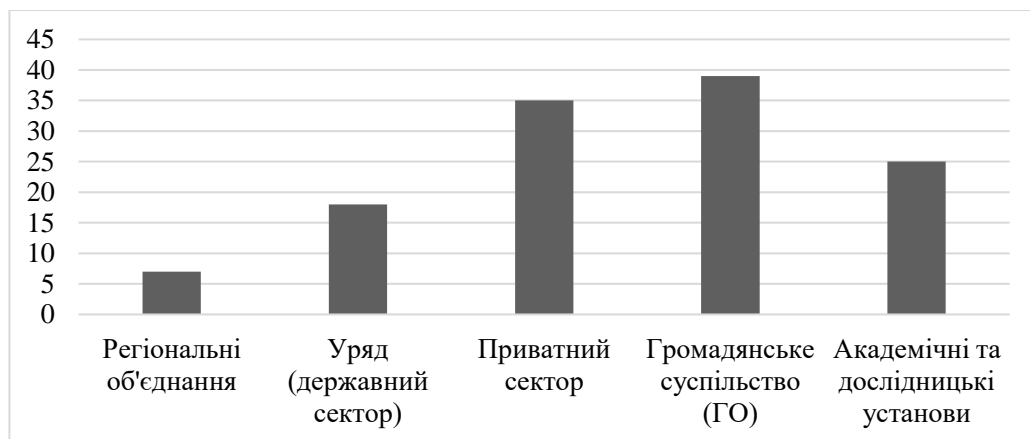
Широке партнерство, яке включає не лише державні структури, але й приватний сектор, наукові установи, міжнародні організації та громадянське суспільство, дозволяє створювати більш стійкі й інклюзивні моделі переходу. Принцип субсидіарності сприяє розвитку ініціатив, які можуть бути адаптовані на рівні окремих країн чи регіонів, забезпечуючи їх більшу ефективність завдяки врахуванню локальних умов і ресурсів.

Таким чином, субсидіарність у контексті кліматичних ініціатив допомагає побудувати систему, де рішення приймаються на місцевому рівні, що сприяє більш ефективному та стійкому впровадженню кліматично-цифрових проектів.

З урахуванням окреслених міркувань та враховуючи результати аналізу, окреслено наступні особливості міжнародного та локального партнерства, що є необхідною передумовою реалізації кліматично-цифрових ініціатив. Нині приблизно кожна п'ята така ініціатива потребує залучення широкого кола стейкхолдерів як регіонального, так і міжнародного рівня (рис. 4.5).



а) Частка залучених виконавців з відповідного напрямку



б) Кількість проєктів, де задіяно суб'єктів відповідного напрямку

Рис. 4.5. Партнерство як ключова передумова реалізації кліматично-цифрових ініціатив

Джерело: побудовано автором на основі статистичних даних [165]

Хоча приватний сектор нині є ключовим розробником та хедлайнером більшості кліматично-цифрових проєктів для різних регіонів світу (49%, рис. 4.1), реалізація таких ініціатив потребує залучення широкого кола партнерів. Громадські організації – лідери як за кількістю ініціатив, де залучено громади, так і за часткою представників у кількісному складі розробників кліматично-цифрових проєктів (47%). Водночас, попередній аналіз показав досить низьку

спроможність державного сектору до самостійної реалізації кліматично-цифрових проєктів, однак, 21% учасників спільних кліматично-цифрових ініціатив формують саме представники влади. Важливо підкреслити залучення представників академічних і дослідницьких установ в реалізації кліматично-цифрових проєктів (14%).

Зазначимо, що сучасний науковий дискурс здебільшого підтримує ідею випереджаючого прогресивного управління змінами клімату на противагу пост-управління їх наслідками [337, 462].

Розглядаючи стратегії кліматичного управління в частині широкої інтеграції можливостей диджиталізації, доречно звернути увагу на 4 рівні їх реалізації, запропоновані у межах моделі динамічної філантропії [85]:

- Мобілізація даних для посилення процесу прийняття рішень (S1).
- Цифрова оптимізація існуючих стратегій (S2).
- Моделювання поведінкових змін (S3).
- Участь та розширення прав та можливостей (S4).

Мобілізація даних для посилення процесу прийняття рішень включає аналіз великих обсягів інформації, яка дозволяє підвищити прозорість і забезпечити ефективне управління. Такий підхід забезпечує доступність важливої інформації для всіх зацікавлених сторін, що підвищує точність та обґрунтованість управлінських рішень. Водночас, цифрова оптимізація існуючих стратегій спрямована на підвищення ефективності існуючих стратегій і методів управління. Це включає в себе автоматизацію процесів, покращення логістики та впровадження інновацій для більш раціонального використання ресурсів та досягнення кліматичних цілей.

Стимулювання та автоматизація поведінкових змін фокусується на заохоченні змін у поведінці людей за допомогою цільового поширення інформації, впровадження механізмів винагороди чи створення автоматизованих систем, які сприяють зміні звичних процесів споживання на більш екологічні, наприклад через можливість вибору екологічних альтернатив.

Четвертий стратегічний напрям - участь та розширення можливостей громад передбачає включення громадян у процеси кліматичного управління через відкриті діалоги, пряму участь у прийнятті рішень, впровадження нових моделей власності та ініціатив з обміну знаннями. Це дозволяє громаді відчувати відповідальність за кліматичну політику та активно брати участь у її реалізації, сприяючи соціальній згуртованості та більш ефективному досягненню цілей кліматичної нейтральності.

Систематизація існуючої бази даних кліматично-цифрових проектів за цими стратегічними напрямками, дозволяє представити таку просторову структуру (рис. 4.6).



Рис. 4.6. Просторова структура стратегічних напрямків кліматично-цифрових ініціатив

Джерело: побудовано авторами на основі набору статистичних даних [165]

На діаграмі відслідковується 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, до вибірки кліматично-цифрових проєктів можна застосувати 9 напрямків фокусування сучасного кліматичного управління, які також пропонує модель динамічної філантропії. Таким чином, виникає можливість відстежити напрямки, які нині найбільш затребувані з точки зору можливостей їх втілення існуючими інструментами диджиталізації. Ці напрямки охоплюють такі сфери відповідно до моделі динамічної філантропії [85]:

- 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).
- Адвокація політики у сфері відновлюваної енергетики та вуглецевих викидів (F4).
- Подолання невизначеності у кліматичних політиках (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).

В контексті розвитку кліматично-нейтральної економіки, інтерпретація та важливість цих напрямків полягає у наступному. По-перше, вони сприяють формуванню багаторівневої системи для досягнення кліматичної нейтральності, що заснована на поєднанні екологічної проблематики, технологічних можливостей, економічних важелів та, що особливо важливо – залучення складової зелених політик. Зокрема, підвищення ефективності енергоспоживання (F1) видається не стільки технологічним викликом, скільки

вимагає інтеграції передових технологій із законодавчими стимулами, такими як вуглецеві податки або субсидії. Розширення ринків екологічних товарів (F2), є своєрідним прикладом глобалізації економічного підходу до скорочення викидів, що втім потребує жорсткішого регулювання в питаннях, коли викиди перетворюються на своєрідний товар.

З іншого боку, сприяння збереженню біорізноманіття (F3) є ще одним ключовим аспектом, який демонструє, що залучення громад до природоохоронних ініціатив значно підвищує ефективність екосистемних послуг. Адвокація відновлюваної енергетики (F4) фактично вказує на те, що міжнародне співробітництво та локальні ініціативи є однаково важливими для подолання бар'єрів у впровадженні нових технологій. Подолання невизначеності у кліматичних політиках (F5) є важливим напрямком для забезпечення уніфікованого підходу до кліматично-нейтрального розвитку, особливо в частині трактування основних понять та механізмів. З іншого боку, це допомагає створювати простір для адаптивного управління, що дозволяє тестувати та впроваджувати експериментальні підходи. Питання продовольчої та водної безпеки (F6) демонструють, що сталий розвиток сільського господарства стає одним із найбільш вразливих напрямків в контексті впливу наслідків зміни клімату, що потребує підтримки. Удосконалення обліку та звітності зі сталого розвитку (F7) в приватному секторі створює передумови для прозорості й відповідальності бізнесу. Водночас, стимулювання переходу відновлюваної енергії (F8) і контроль за забрудненням (F9) є не лише екологічними, але й соціальними пріоритетами, які формують новий рівень якості життя, що значною мірою залежить від чистоти довкілля та доступності енергетичних ресурсів.

Застосувавши цю класифікацію напрямків, було визначено наступну структуру кліматично-цифрових проєктів у ЄС та світу відносно до їх спрямування (рис. 4.7).

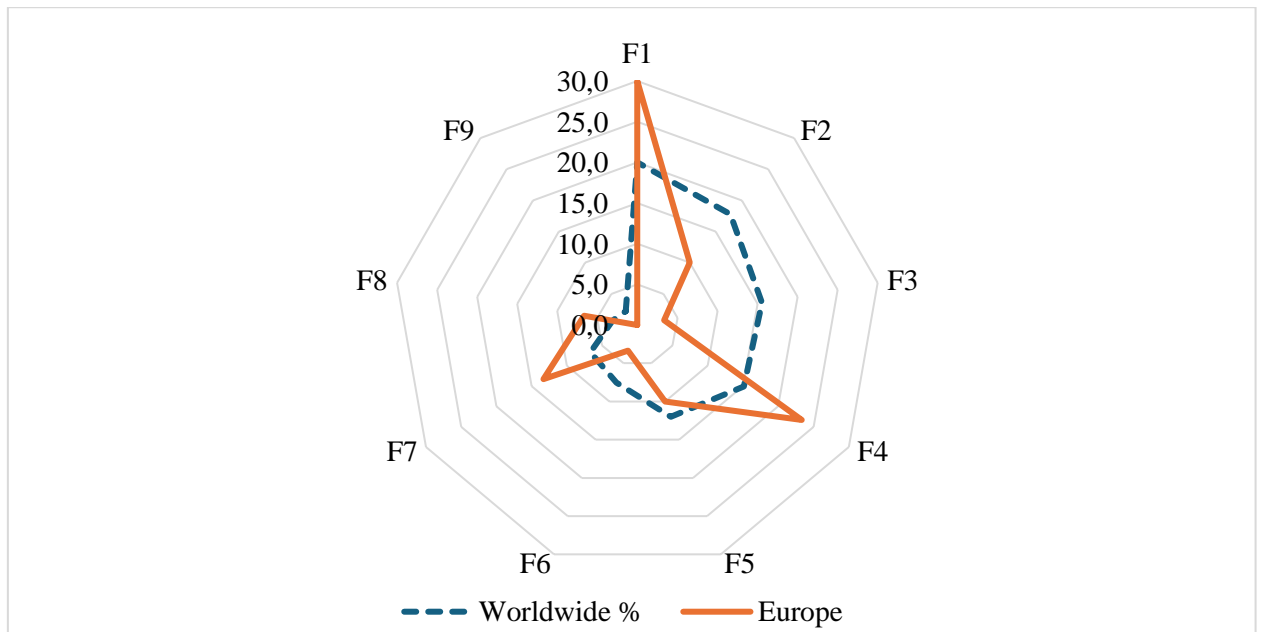


Рис. 4.7. Структура кліматично-цифрових ініціатив за фокусом спрямування

Джерело: побудовано автором на основі статистики [165]

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 проєкти, 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 проєктів вимагає інтеграції технології великих даних та відкритих платформ для спільної роботи й користування.

За підсумками аналізу 370 кліматично-цифрових ініціатив та кейс-стаді відповідних проєктів запропоновану їх авторську класифікацію саме за сферою отриманих результатів кліматичної нейтральності, які дозволяє забезпечити реалізація відповідного проєкту.

Вважаємо за доречне виділити наступні (рис. 4.8).

Сільське господарство та харчові системи	<ul style="list-style-type: none"> •стале сільське господарство •управління ґрунтами •розумне землеробство та рибальство
Управління будівництвом та інфраструктура розумних міст	<ul style="list-style-type: none"> •розумні будівлі •сталій міський транспорт •нова інфраструктура для зменшення викидів у міських районах
Дата-аналітика та цифрові інструменти для кліматичного управління	<ul style="list-style-type: none"> •управління кліматичними даними •геопросторовий аналіз •моніторинг
Енергетичний менеджмент	<ul style="list-style-type: none"> •управління енергоресурсами •розгортання відновлюваних джерел енергії •підвищення енергоефективності
Моніторинг та збереження навколишнього середовища	<ul style="list-style-type: none"> •якість повітря •збереження лісів і біорізноманіття •відновлення земель
Управління ресурсами та циркулярні практики	<ul style="list-style-type: none"> •розумна переробка, відстеження матеріалів •контроль обігу ресурсів •секвестрування вуглецю •управління насадженнями

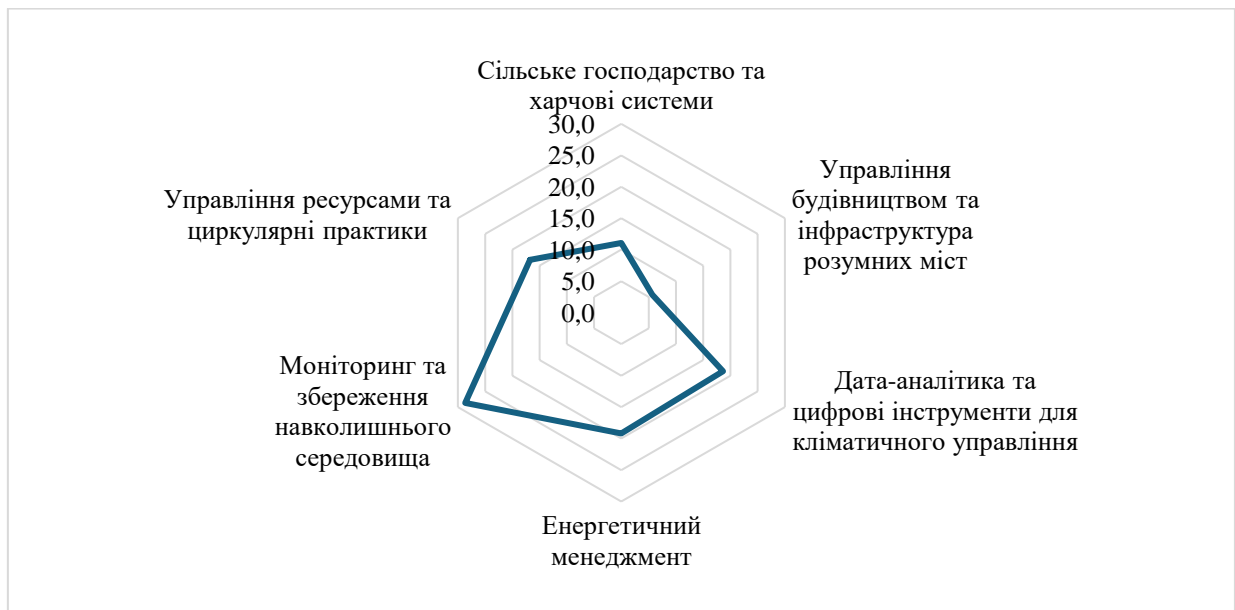
Рис. 4.8. Класифікація кліматичних-цифрових проєктів за сферою отриманих результатів кліматично-нейтральної економіки

Джерело: розроблено автором

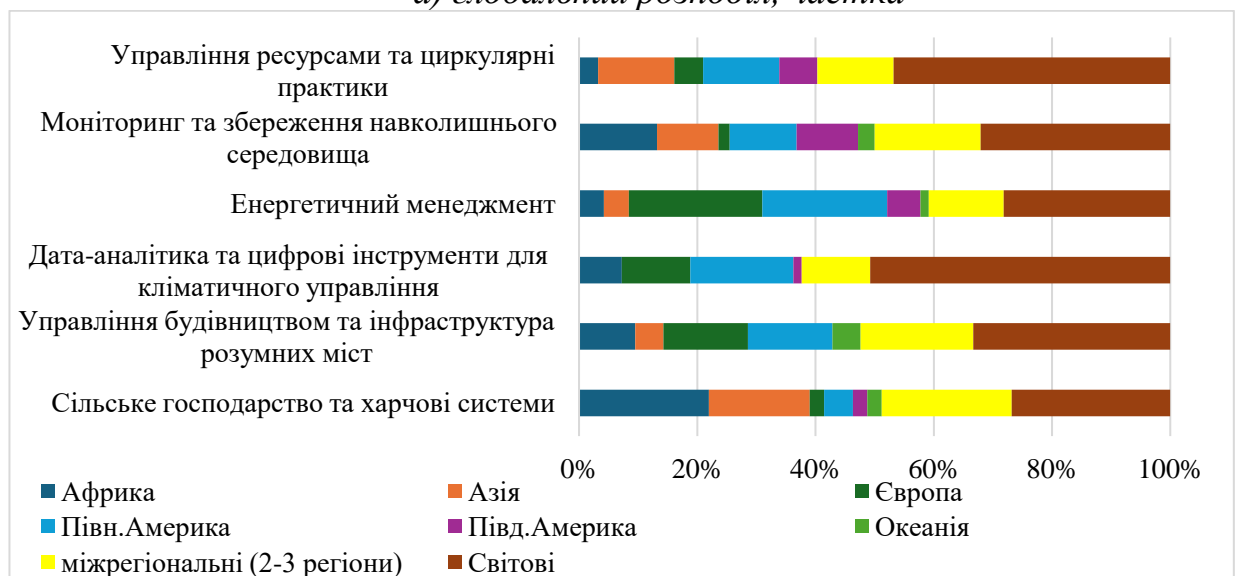
Наведена класифікація може бути покладена в основу планування напрямків кліматичного управління, які нині мають ґрунтовний прикладний досвід цифрової підтримки їх реалізації. Фактично, це ті напрямки кліматичних ініціатив, де диджиталізація виступила драйвером і має відповідний рівень апробації. Зазначимо, що досвід апробації цих технологій у різних регіонах світу вказує на те, що цифрові інструменти не тільки адаптуються до локальних умов, але й створюють додаткову цінність. Кожен із напрямків демонструє, як цифрові інструменти можуть підвищувати ефективність впровадження кліматичних ініціатив. Наприклад, у сільському господарстві цифрові платформи дозволяють оптимізувати ресурси, прогнозувати врожаї та зменшувати екологічний вплив за допомогою точного землеробства. У сфері енергетики цифрові рішення забезпечують ефективне управління розподілом

відновлюваних ресурсів, що сприяє декарбонізації економіки. Платформи з відкритим доступом до кліматичних даних, які розроблялись для моніторингу індустриальних викидів, формують нові можливості для міжнародної співпраці та моніторингу кліматичних зобов'язань за умов масштабування на глобальному рівні.

Глобальна диференціація кліматично-цифрових проєктів згідно поданої класифікації відображає різний розподіл за регіонами світу та різну структуру за напрямками (4.9).



а) глобальний розподіл, частка



б) регіональна структура

Рис. 4.9. Структура кліматично-цифрових ініціатив згідно запропонованої класифікації

Джерело: розроблено автором

Наведена структура демонструє, з одного боку, запит регіонів світу на кліматично-цифрові рішення у певній сфері, а з іншого боку – поточну спроможність подолання кліматичних викликів за допомогою інструментів диджиталізації за окресленими напрямками.

Так, більшість глобальних кліматично-цифрових ініціатив спрямована нині на сферу моніторингу та збереження навколишнього середовища (28,6%), відносно рівномірно між сферами енергетичного менеджменту (19,2%), дата-аналітики для кліматичного управління (18,6%), управління ресурсами та циркулярні практики (16,8%), відносно менше на сільське господарство (11,1%) та будівництво та інфраструктура розумних міст (5,7%). Зазначимо, що найбільшу універсальність застосування в економіці демонструють кліматичні цифрові рішення з дата-аналітики, лівова частка яких має загальносвітовий рівень реалізації. Найбільше проєктів з енергетичного менеджменту припадає на Європу, США та Канаду, сільського господарства – Африку.

Нижче розглянемо приклади реально діючих проєктів загальносвітового, регіонального рівня та окремих країн, які успішно інтегрують можливості диджиталізації для досягнення кліматичної нейтральності економіки. Проведений аналіз бази даних кліматичних-цифрових ініціатив дозволяє виокремити певні спільні закономірності відносно системних напрямків їх реалізації, інструментів диджиталізації та результатів для економіки і суспільства (Додаток Ж).

За напрямом «Сільське господарство та харчові системи» успішними прикладами кліматичних-цифрових проєктів є африканська регіональна ініціатива «Модель AgriFin» від Mercy Corps, яка передбачає використання цифрових технологій та інновацій для розробки інклюзивних цифрових продуктів і послуг, необхідних дрібним фермерам для підвищення продуктивності, доходів і стійкості. Проєкт «AgriPath» — сприяння переходу малих фермерських господарств до сталого сільського господарства за допомогою ефективних та дієвих цифрових технологій» має на меті розширити масштаби сталого сільського господарства. Надаючи фермерам та дорадчим

службам індивідуальні цифрові рішення, орієнтовані на сталий розвиток сільського господарства, малі фермери отримують підтримку у підвищенні продуктивності, доходів та стійкості до зміни клімату. Інша регіональна ініціатива Альянс Bioversity International і Міжнародний центр тропічного сільського господарства (CIAT). Цей проєкт науково обґрунтований, орієнтований на результат підхід також спирається на нові та існуючі партнерства, каталізуючи спільні рішення; активізацію внутрішньої мережі та можливості обміну знаннями; і розгортання нових бізнес-моделей з інвесторами, приватним сектором і революційними новаторами. Завдяки інноваційним інструментам, що використовують системи обробки інформації та/або наукові дані, платформа цифрового землеробства Climate FieldView™ компанії Bayer дозволяє фермерам всього світу приймати повсякденні рішення для ефективного управління господарством протягом усього сезону — від посіву до збору врожаю. Інша регіональна ініціатива «Атлас ґрунтів Африки» показує, як змінюється склад ґрунту на континенті. Він пояснює функції ґрунту та їхнє відношення до провідних онлайн-джерел інформації про ґрунти для африканських регіонів та глобальних проблем. Атлас пропонує сучасні бази даних про ґрунти, методи моніторингу деградації землі та навчання ґрунтознавців, але кінцева мета цих інформаційних систем полягає в тому, щоб дозволити фермерам завантажувати в режимі реального часу найкращі цифрові платформи для даних африканського ґрунту та супутніх пропозицій щодо внесення добрив безпосередньо на свої смартфони. Варто також зазначити регіональну ініціативу в Японії «Проєкт дистанційної підтримки фермерства», який реалізує підтримку фермерів шляхом співпраці з експертами та ШІ. Організатори сприяють загальнонаціональному розширенню проєкту підтримки дистанційного землеробства на основі даних, об'єднавши систему, засновану на досвіді та ноу-хау для віддаленого управління сільським господарством за допомогою ІКТ. Інший масштабний проєкт «Regrow» поєднує в собі передову науку та корпоративні технології, щоб допомогти компаніям у всьому ланцюжку створення вартості вимірювати, звітувати та

вживати заходів для зменшення викидів на фермах. Платформа допомагає створити план сталого розвитку, який виходить за рамки компенсації вуглецю, щоб фактично зменшити та видалити викиди на фермі за допомогою регенеративного сільського господарства.

Напрямок «Управління будівлями та інфраструктура розумних міст» містить показові проекти, як «Відкритий ресурсний центр для картографування громадського транспорту в Африці». Дані про громадський транспорт наразі відсутні для планування інтегрованого громадського транспорту, проектування систем інформації про пасажирів і роботи з операторами для вдосконалення послуг громадського транспорту. Цифрові технології — чудова можливість для вирішення цих викликів. Також важливим прикладом є розробка проекту ClimateView, який сьогодні забезпечує уряди в усьому світі інформацією про перехід, необхідною для планування, виконання та моніторингу своїх цілей сталого розвитку. Платформою користуються міста та регіони в усьому світі для відстеження викидів, оцінки соціальних і екологічних переваг кліматичних дій та моделювання сценаріїв для прийняття кращих рішень. Платформа Transition Elements Framework (TEF) пропонує стандартизовану структуру КРІ на основі рекомендацій IPCC, допомагаючи містам, регіонам і націям вимірювати прогрес і ділитися ідеями. Ці колективні знання прискорюють глобальний перехід до сталого розвитку, надаючи урядам можливість приймати обґрунтовані рішення на основі реальних даних. Rapid Flow Technologies використовує систему штучного інтелекту «Surtrac» для збору та аналізу даних датчиків і камер зі світлофорів, щоб революціонізувати управління дорожнім рухом, підвищити ефективність і скоротити викиди. Інструмент Google Environmental Insights Explorer (EIE) використовує ексклюзивні джерела даних і можливості моделювання на безкоштовній платформі. З його допомогою представники міст і регіонів можуть відстежувати викиди з різних джерел, аналізувати дані та розробляти стратегії, які допомагають піклуватися про навколишнє середовище.

Напрямок «Дані та цифрові інструменти для клімату» містить різноманітні ініціативи. Так, проєкт «ClimateORB» застосовує блокчейн, датчики та Інтернет для покращення якості повітря, а також відстежує та реєструє екологічні дані для підтримки ініціатив з боротьби зі зміною клімату. Також ініціатива Forland - це інструмент для візуалізації території в режимі реального часу, що дозволяє оцінити наявні ресурси, протестувати сценарії та зібрати детальний аналіз змін ґрунтів. Інша показова ініціатива глобального рівня «Transition Zero» використовує супутникові знімки, машинне навчання та фінансове моделювання для збору інформації в режимі реального часу, щоб надати бізнесменам та політикам необхідну інформацію для переходу до рішень з нульовим рівнем викидів вуглецю. Проєкт «Fetch.ai» спрощує використання штучного інтелекту та цифрових двійників і полегшує компаніям і приватним особам їх застосування та впровадження в різних масштабах, щоб допомогти вирішити складні проблеми з даними та підвищити ефективність різних операцій. Інструменти «CoolClimate» швидко визначають унікальні можливості, які має кожна людина, бізнес, організація чи громада для скорочення викидів парникових газів. Інструмент інвентаризації та політики щодо парникових газів на основі споживання може допомогти містам краще зрозуміти пріоритети скорочення викидів парникових газів з комплексної, заснованої на споживанні перспективи, з потенційним застосуванням на всій території Сполучених Штатів і на міжнародному рівні. Варто зазначити також проєкт «CarbonSim» - це онлайн-симуляція вуглецевого ринку на основі штучного інтелекту. Симуляція діє як навчальна платформа, де зацікавлені сторони можуть вивчити принципи торгівлі викидами та отримати безризиковий досвід.

У напрямку «Управління енергетикою» цікавим прикладом є система енергоменеджменту мікромережі «Huatacondo», яка забезпечує онлайн-налаштування для генеруючих установок, мінімізуючи експлуатаційні витрати, враховуючи прогноз відновлюваних ресурсів, навантаження, відстеження сонячної енергії та споживання води. Розумна мережа в Андах,

якою керує громада, робить прогноз та переходить на відновлювану енергію, коли вона доступна, скорочуючи споживання дизельного палива в регіоні на 50%. Цифрова платформа на основі блокчейну «Wepower» продає токени відновлюваної енергетики інвесторам, які бажають підтримати проекти з відновлюваної енергетики або компенсувати викиди. Проект «Octopus Energy» використовує штучний інтелект для оптимізації енергоспоживання своїх клієнтів шляхом автоматизації процедур енергозбереження. Глобальна ініціатива «GreenPower Monitor» забезпечує моніторинг станцій відновлюваної енергетики в режимі реального часу на їхньому порталі GPM, полегшуючи керівникам станцій управління виробництвом відновлюваної енергії.

За напрямком «Моніторинг і збереження навколишнього середовища» виділено проекти, які здебільшого спрямовано на адаптацію та поглинання вуглецю. Зокрема ініціатива «Cool Earth» з моніторингу лісів використовує супутники та інші інструменти для моніторингу лісів і виявлення вирубки в режимі реального часу. Потім громади отримують сповіщення, щоб ініціювати відповідні дії. Інший глобальний проект «Open Forests» використовує низку цифрових інструментів, включаючи онлайн-платформу візуалізації даних та дистанційне зондування, для підтримки проектів відновлення лісів, дозволяючи місцевим учасникам та інвесторам краще відстежувати прогрес та оцінювати вплив. Проект «SERVIR» з'єднує космос із землею, допомагаючи країнам, що розвиваються, використовувати супутникові дані для вирішення критично важливих проблем у сфері продовольчої безпеки, водних ресурсів, погоди та клімату, землекористування та стихійних лих. Зокрема регіональна ініціатива Система спостережень за океаном Аляски (AOOS) є однією з 11 регіональних систем узбережжя США, які представляють Інтегровану систему спостережень за океаном (IOOS) NOAA, національно-регіональне партнерство, яке працює над використанням океанічних даних та інформаційних продуктів інноваційними способами для підвищення безпеки на морі, покращити економіку та захистити наше довкілля. Дані доступні в реальному часі, майже в реальному часі або ретроспективно. Простіший і кращий доступ до цієї

інформації покращує здатність розуміти та передбачати прибережні події, такі як шторми, висота хвиль, рівень моря та зміни екосистеми.

Врешті, напрям «Управління ресурсами та циркулярні практики» містить різноманітні ініціативи, які спрямовані на зменшення вуглецевого сліду та/або його поглинання. Зокрема, ініціатива «Reforestum» супроводжує вуглецеві кредити, ідентифікуючи та перевіряючи джерело викидів за допомогою дистанційного зондування та штучного інтелекту. Проєкт «EcoMatcher» допомагає компаніям завдяки розумній посадці дерев стати помітно більш стійкими, вирішувати питання КСВ, розвивати таланти та покращувати фінансові показники, і в той же час боротися з вирубкою лісів та несталим сільським господарством. Terraformation запускає перший у світі лісовий вуглецевий акселератор, орієнтований на біорізноманіття, щоб допомогти компаніям отримати доступ до надійних і прозорих вуглецевих кредитів, пов'язаних з біорізноманіттям. Їх ініціатива «Лісовий прискорювач: Від насіння до вуглецю» надає командам з відновлення лісів детальне навчання з урахуванням специфіки місцевості, інструменти (веб-додаток) та ресурси для зменшення ризиків та подолання викликів. Регіональний проєкт WTP (Wood Tracking Protocol) використовує технологію блокчейн, щоб забезпечити прозорість і простежуваність деревообробної промисловості в Південній Америці та допомогти врятувати Амазонію. Проєкт INCREASE має на меті збільшити використання перероблених пластмас у різних продуктах за допомогою інноваційних та міждисциплінарних рішень. Це відбувається вздовж ланцюжка створення вартості переробки пластмас, вбудованого в системну структуру з акцентом на електричному та електронному обладнанні (ЕЕО). Використовуючи перероблені пластмаси з електричних та електронних відходів (WEEE), проєкт INCREASE вирішуватиме проблеми в тих сферах, де використання перероблених пластмас сьогодні є незначним. Завдяки значному скороченню використання первинних пластмас та розширенню використання перероблених пластмас у нових сферах застосування електроніки, проєкт PolyCE продемонструє доцільність кругової моделі для ланцюга постачання та

створення вартості пластмас. Проєкт має на меті залучити ініціативи зелених державних закупівель та кампанії з підвищення обізнаності споживачів по всьому ЄС (з акцентом на Німеччину, Польщу, Італію та Францію). Ще один проєкт T-REX об'єднує 13 основних гравців з усього ланцюжка створення вартості для створення узгодженого проєкту ЄС і бізнес-можливостей для замкнутого циклу сортування та переробки побутових текстильних відходів. Перетворення використаного текстилю з відходів на бажану сировину та товар для нових бізнес-моделей, які можна застосовувати в масштабах.

Отже, наведена класифікація кліматично-цифрових проєктів за напрямками демонструє не лише поточний рівень інтеграції цифрових технологій у сферу кліматичного управління, але й потенціал їх подальшого розвитку. Фактично, наведені групи сформовано на доказовій базі ефективності цифрових рішень у різних сферах, що може бути використано для визначення стратегічних напрямків досягнення кліматичної нейтральності.

4.2. Цифровий каркас кліматично-нейтральної економіки

У сучасних умовах кліматична криза є одним із найгостріших глобальних викликів, який вимагає кардинальних змін у структурі економіки, технологіях і підходах до управління ресурсами. Наявний досвід диджиталізації відкриває нові можливості для кліматичного регулювання та пришвидшення необхідних змін. Відповідно, ідея концепту цифрового каркасу пропонується з метою формування функціонального базису підтримки кліматично-нейтральної економіки, що спирається на ключові рішення диджиталізації та забезпечує надійну основу для подальшого розвитку.

Метою формування цифрового каркасу кліматично-нейтральної економіки є:

- 1) забезпечення цифрового базису реалізації кліматичних ініціатив на глобальному рівні;

- 2) визначення стратегічних напрямків стимулювання розвитку цифрових технологій, необхідних для досягнення кліматичної нейтральності;
- 3) підвищення прозорості та довіри між учасниками процесу;
- 4) підвищення доступності до цифрових рішень та технологій, які є ключовими для досягнення кліматичної нейтральності економіки;
- 5) підвищення ефективності та результативності кліматичних програм.

У перспективі такий каркас можна розглядати як базисну структуру для розвитку нових ринків кліматичних-цифрових технологій та стимулювання інновацій у найбільш важливих сферах.

Аналізуючи досвід реалізації міжнародних кліматично-цифрових ініціатив, виникає можливість визначити складники необхідного цифрового забезпечення та критично важливі технології для забезпечення кліматичної нейтральності світової економіки. У цілому, кліматично-цифрові проекти передбачають, але не обмежуються, такими напрямками диджиталізації (рис. 4.10).

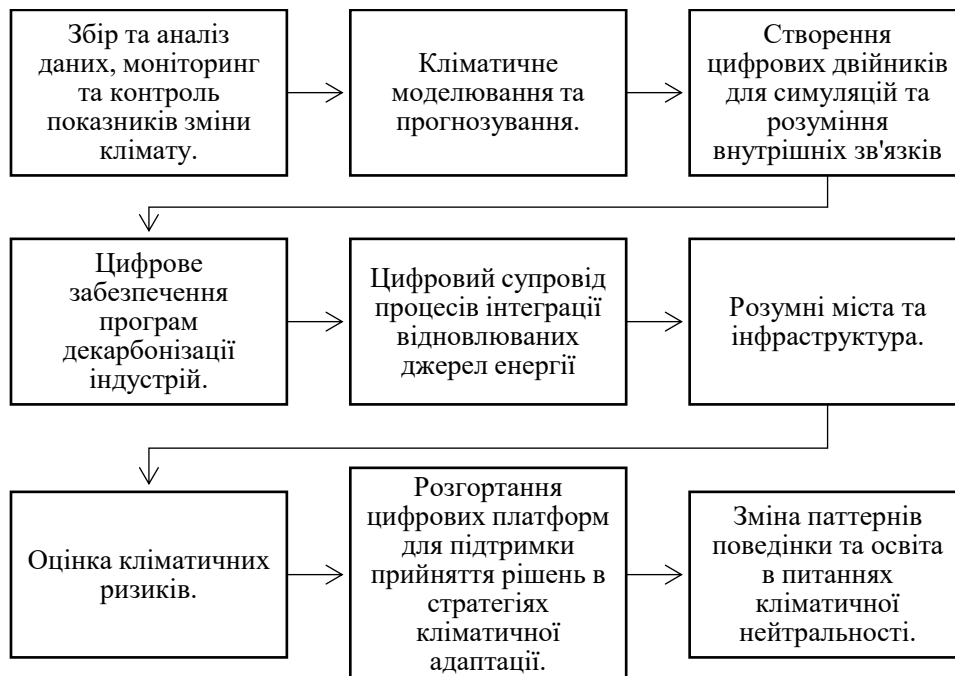


Рис. 4.10. Напрямки диджиталізації в досягненні кліматичної нейтральності світової економіки

Джерело: сформовано автором

Ці напрямки визначаються, з одного боку, цілями кліматично-нейтральної 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 сталості.

Це бачення пропонується закласти в основу формування цифрового каркасу кліматично-нейтральної економіки. Базис необхідних цифрових технологій побудовано на основі частотного аналізу їх використання у різних кліматично-цифрових проєктах (рис. 4.11).

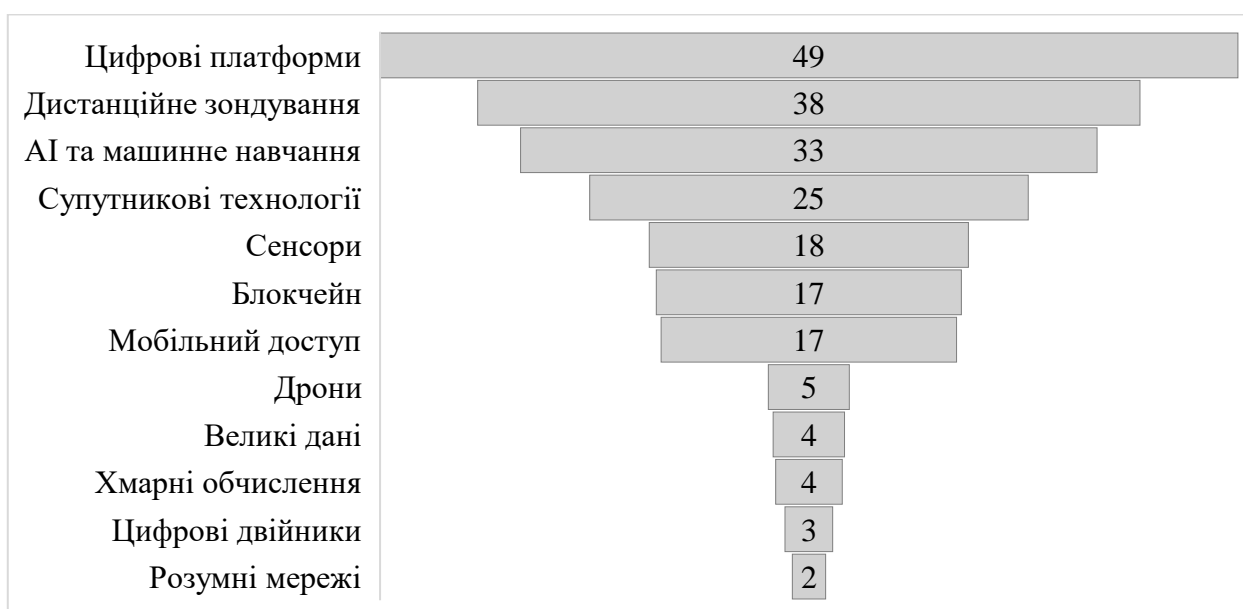


Рис. 4.11. Рейтинг цифрових рішень (за частотою використання на 100 кліматично-цифрових проєктах)

Джерело: розраховано автором на основі статистичної бази [165]

Побудований рейтинг фактично репрезентує запит на ключові цифрові технології, що нині необхідні для розвитку кліматично-нейтральної економіки. Практично кожен 2-й кліматично-цифровий проєкт ґрунтується на розгортанні цифрової платформи для збору даних та взаємодії користувачів. Такі цифрові платформи забезпечують варіативні потреби різноманітних кліматичних ініціатив: моніторинг викидів, обмін досвідом, створення майданчиків

дистанційної освіти навичкам кліматичного управління, маркетплейси для зелених продуктів та послуг, цифрові платформи для локальних спільнот тощо. Ключовою цифровою технологією у розвитку кліматично-нейтральної економіки є також дистанційне зондування (38% проєктів), що дозволяє здійснювати спостереження за земною поверхнею безконтактно для виявлення джерел забруднень, моніторингу сільськогосподарських практик, відстеження стану угідь та лісів, виявлення джерел викидів. Ця технологія зазвичай застосовується разом із супутниковими рішеннями, які нині надають сервіси NASA Earth Science, Copernicus, GHGSat, Global Forest Watch та інші. Практично третина кліматичних-цифрових ініціатив нині спираються на використання штучного інтелекту та машинного навчання (33%), чверть потребує супутникових технологій (25%). Рівномірний, проте суттєвий запит спостерігається на сенсори, блокчейн та мобільний доступ (по 18% та 17% відповідно). Значно меншою є частота використання дронів, розумних мереж, хмарних обчислень та цифрових двійників (2-5%). Однак, такий розрив є відображенням поточного рівня потенціалу зазначених технологій у вирішенні кліматичної проблематики і може змінитись у майбутньому по мірі науково-технічного розвитку та збільшення доступності цих технологій для масового використання.

Використання ключових цифрових технологій у кліматичних проєктах не лише демонструє сучасний стан їх впровадження, але й ілюструє перспективні напрями розвитку, що дозволяє розглядати їх ширше – для побудови концепту цифрового каркасу кліматично-нейтральної економіки. Зокрема, платформи для збору й аналізу великих даних стають основою для інтеграції цифрових рішень у різні аспекти кліматичної діяльності, дозволяючи не лише виявляти, але й прогнозувати джерела викидів, оптимізувати процеси в енергетиці та транспорті, а також формувати ефективні моделі ресурсокористування. Поширення супутникових рішень і дистанційного зондування уможливило системний моніторинг екологічного стану регіонів, що сприяє більш оперативному реагуванню на зміни та прийняттю інформованих управлінських

рішень. Штучний інтелект і машинне навчання, які займають третину від загальної кількості ініціатив, дозволяють автоматизувати аналіз великих масивів кліматичних даних, розробляти індивідуальні сценарії адаптації та створювати більш точні моделі кліматичних змін. Водночас технології блокчейну відкривають нові можливості для відстеження життєвого циклу продуктів, контролю за вуглецевим слідом і прозорості кліматичних ініціатив. Попри нижчу частоту застосування таких інновацій, як дрони, розумні мережі чи цифрові двійники, їх потенціал у майбутньому може значно зрости завдяки вдосконаленню технічних характеристик, зниженню вартості та розширенню функціональних можливостей.

При плануванні цифрового технологічного забезпечення кліматично-нейтральної економіки варто враховувати, що деякі із зазначених технологій не самостійними, а потребують комбінування з іншими (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

Планування цифрового каркасу з огляду на можливості застосування цифрових рішень у кліматичних ініціативах

К-ть технологій, задіяних в проєкті	1	2	3 і більше
к-ть таких проєктів	172	80	118
% від загальної кількості	46,5	21,7	31,9
Технології, які використовуються самостійно або доповнюють			
Цифрові платформи для збору даних та взаємодії	40	23	26
AI та машинне навчання	23	16	45
Блокчейн	28	12	11
Мобільні технології та цифровий доступ	10	7	9
Хмарні технології та обчислення	1	0	10
Цифрові двійники	1	4	4
Розумні мережі	2	0	1
Технології, які застосовують тільки в сукупності з іншими			
Супутникові технології	0	13	40
Сенсори	0	3	35
Великі дані	0	1	9
Дрони	0	1	7
дистанційне зондування (спостереження)	0	18	66

Джерело: розраховано автором на основі частотного аналізу даних [165]

Зазначені цифрові рішення складають основу цифрового каркасу кліматично-нейтральної економіки. Аналіз фрагментації цифрових технологій

дозволяє зробити висновок про пріоритетність розвитку Big Data та IT-платформ, штучного інтелекту та машинного навчання, блокчейну, мобільного та цифрового доступу. Виявлено, що ці технології самодостатні для підтримки кліматичних проєктів та можуть використовуватися самостійно при реалізації кліматичних ініціатив. Так, 46,5% усіх кліматично нейтральних ініціатив потребують лише одного провідного цифрового рішення для успішної реалізації на практиці.

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

Використання цифрових рішень за галузями також має певні особливості та типові шаблони використання, які викладено нижче.

Ознака 1. За секторами реалізації та регіонами світу.

1.1. Енергетика. *Європа*. Розгортання інтелектуальних електромереж, які використовують Інтернет речей (IoT) і штучний інтелект для оптимізації розподілу енергії та інтеграції відновлюваних джерел. *Північна Америка*. Проєкти з впровадження сонячних панелей, які використовують прогнозування через великі дані для ефективного збору сонячної енергії.

1.2. Транспорт. *Азія*. Впровадження систем розумного транспорту в мегаполісах для зменшення заторів та викидів CO₂, використовуючи інтелектуальне управління трафіком. *Європа*. Розвиток мереж електромобілів та інфраструктури зарядних станцій, яка керується через цифрові платформи, машинне навчання та ШІ.

1.3. Водопостачання та управління водними ресурсами. *Африка*. Проєкти з моніторингу якості води через мобільні додатки, що дозволяють споживачам відстежувати стан водопостачання та оповіщати про забруднення. *Латинська*

Америка. Використання сенсорів IoT для виявлення витоків та автоматизованого контролю використання води в сільському господарстві.

1.4. *Управління відходами. Європа.* Цифрові платформи для управління відходами, які оптимізують збір та переробку з використанням даних про об'єми та типи відходів. *Азія.* Проекти з використанням AI для сортування відходів на переробних заводах, з метою підвищення ефективності переробки.

1.5. *Сільське господарство. Північна Америка.* Використання дронів та сенсорів для точного землеробства, що дозволяє зменшити використання добрив та пестицидів, зберігаючи природні ресурси. *Європа.* Розумне сільське господарство з використанням IoT для моніторингу стану посівів та автоматизації поливу.

Ознака 2. Кліматична адаптація-мітигація.

2.1. *Енергетика. Ціль:* зниження викидів від традиційних джерел енергії (мітигація). *Складники цифрового каркасу:* інтелектуальні електромережі, системи управління відновлюваною енергією, оптимізація виробництва та споживання енергії через IoT та AI.

2.2. *Промисловість. Ціль:* ефективне використання ресурсів і зниження викидів (мітигація). *Складники цифрового каркасу:* системи моніторингу та управління ресурсами, автоматизація процесів, цифрові двійники для оптимізації виробничих процесів.

2.3. *Транспорт. Ціль:* зниження викидів від транспорту (мітигація). *Складники цифрового каркасу:* розумне управління транспортними потоками, електричні та гібридні транспортні засоби, платформи для спільних поїздок.

2.4. *Аграрний сектор. Ціль:* адаптація до зміни клімату, як-то зміни в опадах та температурі (адаптація). *Складники цифрового каркасу:* системи точного землеробства, використання дронів для моніторингу поля, автоматичні системи іригації.

2.5. *Управління водними ресурсами. Ціль:* оптимізація використання водних ресурсів, адаптація до змін у доступності води (адаптація). *Складники цифрового каркасу:* сенсори для моніторингу якості води, цифрове управління водними ресурсами, інтелектуальні системи очищення води.

2.6. *Міське планування. Ціль: адаптація міських інфраструктур до екстремальних погодних умов (адаптація). Складники цифрового каркасу: цифрові платформи для керування кризовими ситуаціями, розумні системи дренажу, зелені технології в будівництві для покращення мікроклімату.*

Наведена систематизація дозволяє визначити основні напрямки дій та роль цифрових технологій, що сприятиме кліматичному регулюванню.

При побудові цифрового каркасу кліматично-нейтральної економіки необхідно враховувати можливості застосування цифрових рішень в окремих сферах кліматичних-цифрових ініціатив, які було визначено у попередньому підрозділі (рис. 4.12)

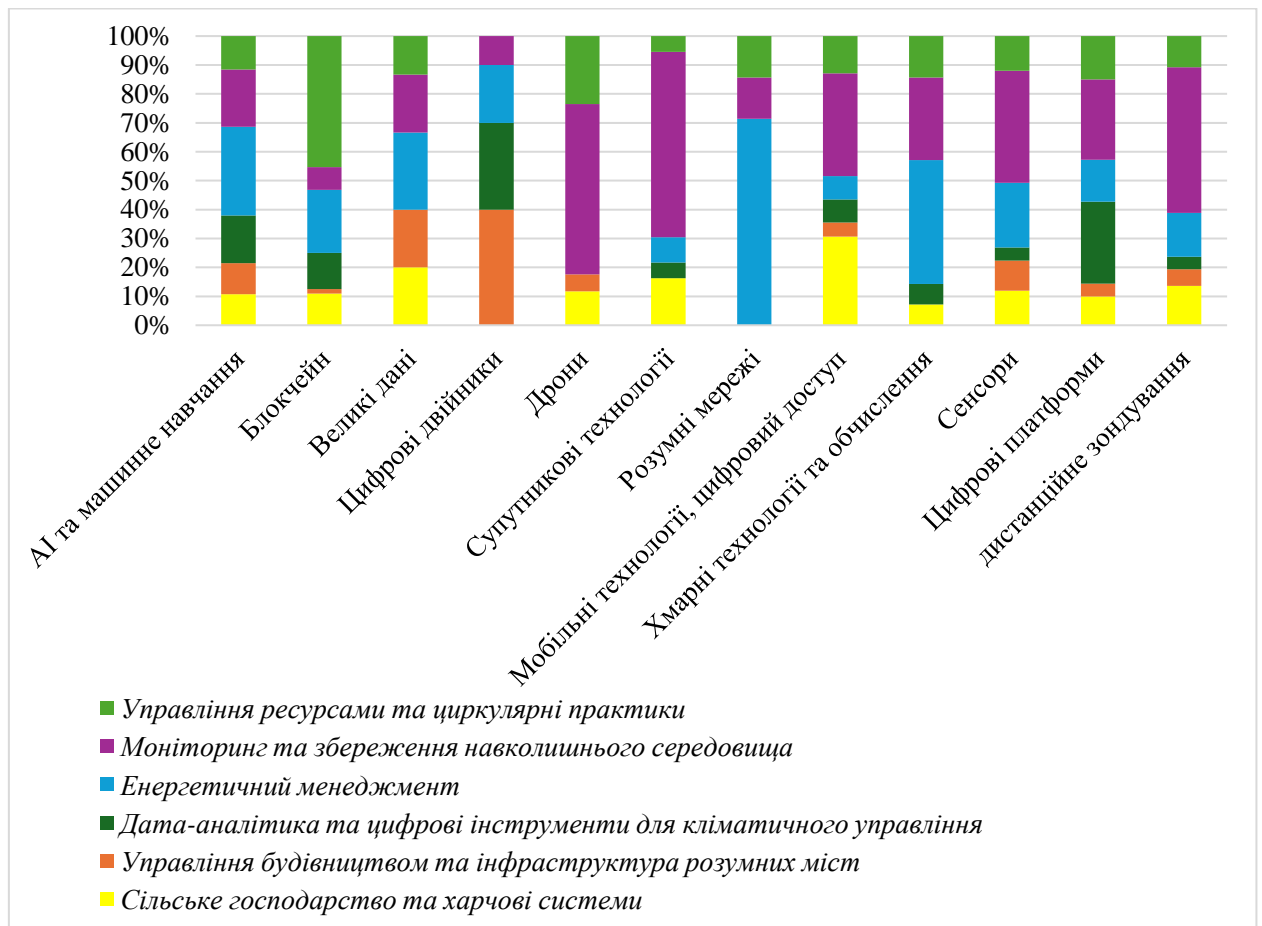


Рис. 4.12. Застосування цифрових технологій для досягнення кліматичної нейтральності (за напрямками)

Джерело: розраховано автором

Аналіз показав, що окремі цифрові технології нині критично важливі для досягнення кліматичної нейтральності відразу в усіх виділених сферах. Це ШІ

та машинне навчання, блокчейн, дистанційне зондування, цифрові платформи для збору даних та взаємодії.

Водночас, інші цифрові технології мають вужче коло застосування. Цифрові двійники нині мають прикладне втілення в діючих ініціативах будівництва та інфраструктури розумних міст, моніторингу та збереження навколишнього середовища, рідше у дата-аналітиці та енергетичному менеджменті. Дрони використовуються здебільшого для моніторингу навколишнього середовища, сільському господарстві, управлінні ресурсами та циркулярних практиках. Розумні мережі мають прикладний досвід втілення в проєктах енергетичного менеджменту, управління ресурсами та моніторингу навколишнього середовища.

Зазначимо, що усі наведені цифрові рішення можна об'єднати у певні стратегічно важливі функціональні напрями, які вони забезпечують. Нині виділяють 4 цифрові «прискорювача» світового розвитку, які забезпечує диджиталізація [186]:

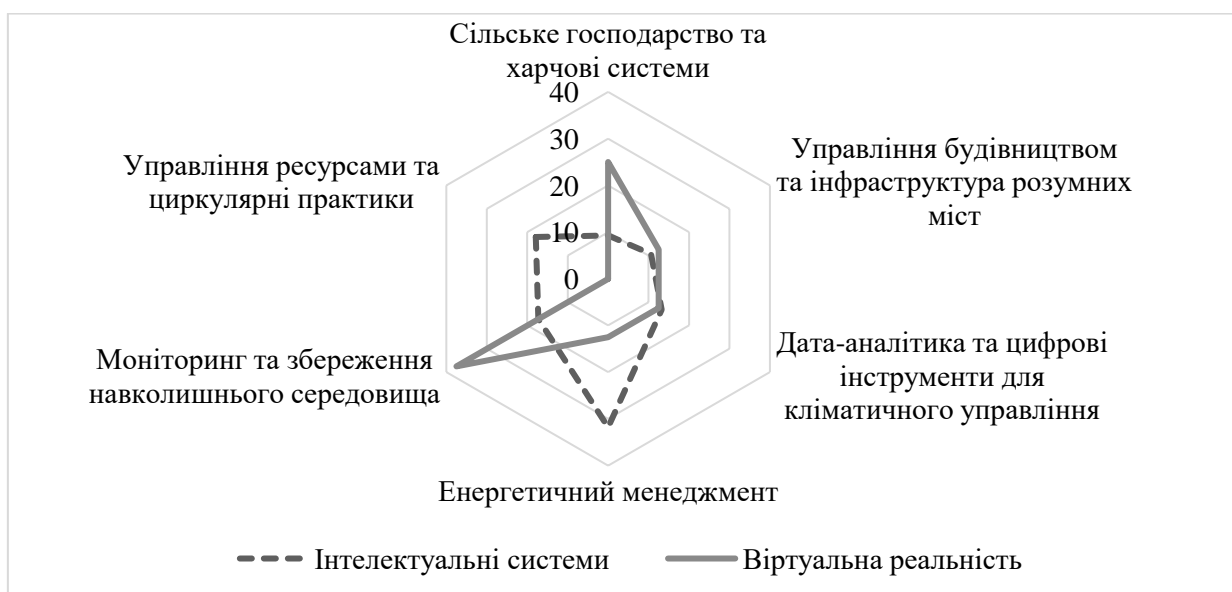
Прискорювач 1 - Безпрецедентна прозорість. Цей підхід заснований на використанні цифрових технологій для підвищення прозорості даних. Завдяки відкритому доступу до інформації створюються можливості для більшого залучення громадськості та організацій до процесів ухвалення рішень, а також для забезпечення підзвітності. Відкриті дані сприяють побудові довіри та ефективнішому управлінню.

Прискорювач 2 - Інтелектуальні системи. Використання технологій штучного інтелекту та колективного інтелекту для створення складних систем, здатних збирати, аналізувати та адаптуватися до змін у навколишньому середовищі. Такі системи можуть швидко реагувати на кліматичні виклики, оптимізувати управління ресурсами та підвищувати ефективність рішень.

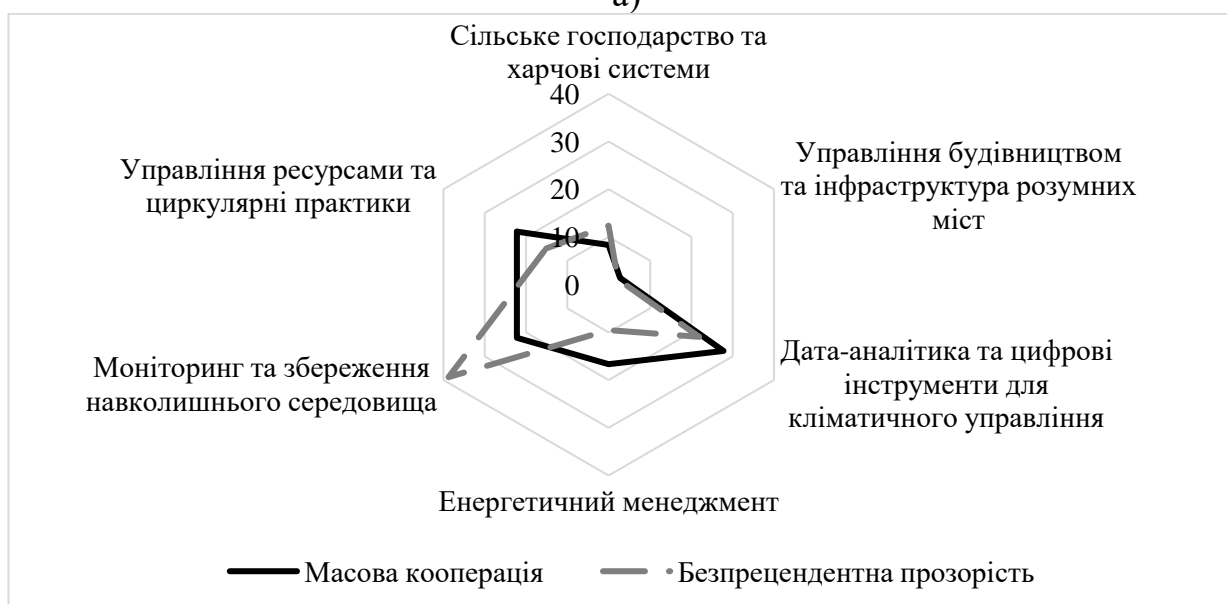
Прискорювач 3 - Доповнена реальність. Технології, що об'єднують реальні та віртуальні світи, відкривають нові можливості для взаємодії. Впровадження віртуальної реальності (VR) дозволяє створювати нові освітні формати,

підвищувати обізнаність про кліматичні виклики та розробляти інтерактивні платформи для співпраці.

Прискорювач 4 - Масова кооперація. Завдяки розширеній цифровій підключеності люди з усього світу отримують можливість об'єднуватися, співпрацювати онлайн, обмінюватися ресурсами, реалізовувати проекти та створювати нові форми соціальних рухів. Така співпраця підвищує ефективність вирішення глобальних проблем і сприяє розробці інноваційних стратегій.



а)



б)

Рис. 4.13. Цифрові прискорювачі розвитку окремих напрямів кліматичної нейтральності (вага, %)

Джерело: сформовано автором

Вага впливу кожного прискорювача для кожного напрямку кліматичних-цифрових ініціатив розрахована відповідно до частки проєктів, які реалізуються з використанням цифрових рішень у межах цього прискорювача.

Таким чином, забезпечення безпрецедентної прозорості є ключовим для розвитку напрямку дата-аналітики та цифрових інструментів для кліматичного управління, а також для моніторингу та збереження навколишнього середовища. Розвиток останнього також потребує інтеграції віртуальної (змішаної) реальності, що також актуально для будівництва та розвитку розумних міст. Водночас, інтелектуальні системи критично важливі для розвитку енергетичного менеджменту, управління ресурсами та циркулярних практик, для яких цифрових прискорювачем також є а масова кооперація.

Вважаємо за доречне виділити додатково ще такі чотири цифрові прискорювачі, які були виокремлені додатково на основі кейс-стаді кліматичних-цифрових проєктів:

Прискорювач 5. Розумна персоналізація. Цей напрям видається досить перспективним, адже у цього межах цифрові технології дозволяють створювати персоналізовані рішення для користувачів, враховуючи їх потреби, поведінку та вподобання. Наприклад, мобільні додатки можуть індивідуально підказувати, як зменшити свій вуглецевий слід, оптимізувати енергоспоживання або брати участь у місцевих екологічних ініціативах.

Прискорювач 6. Децентралізація управління даними. Завдяки блокчейн-технологіям забезпечується децентралізований доступ до даних, що підвищує довіру до управління кліматичними ресурсами та фінансами. Це дозволить прозоро відстежувати реалізацію кліматичних ініціатив.

Прискорювач 7. Синергетичні платформи. Цей прискорювач передбачає створення інтегрованих цифрових платформ, які об'єднують уряди, бізнеси, громадянське суспільство та наукові установи для розв'язання кліматичних викликів. Такі платформи дозволяють координувати зусилля, обмінюватися даними та найкращими практиками, а також розробляти спільні інноваційні рішення.

Прискорювач 8. Цифрова освіта та підвищення обізнаності. Цей прискорювач передбачає впровадження цифрових інструментів для навчання та просвітництва у сфері кліматичної нейтральності.

З іншого боку, цифровий каркас кліматично-нейтральної економіки має бути достатньо стійким до викликів цифрового розвитку. Проведений аналіз дозволив визначити такі виклики для успішної реалізації кліматично-цифрових проєктів з точки зору диджиталізації (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

Цифрові виклики на шляху до досягнення кліматичної нейтральності світової економіки

Виклик	Джерело (причина)	Проблема
Фрагментований ландшафт	Цифровий інструментарій для кліматичних проєктів традиційно охоплює різноманітні засоби для збору, аналізу, моделювання, візуалізації та комунікації даних	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 проєктів
Сумісність даних	Кліматичні проєкти покладаються на різні джерела даних, включаючи супутникові знімки, кліматичні моделі, сенсорні мережі та навіть стрічки соціальних мереж	Інтеграція та узгодження таких даних у цілісний інструментарій може бути значним технічним викликом
Відсутність інтероперабельності	Відмінності у структурах даних, мовах програмування та базових технологіях	Складність використання та масштабування, недостатня інклюзивність
Доступність та зручність використання	Складні для розуміння платформи та інструменти	Складність привернення уваги зацікавлених сторін, включаючи науковців, політиків та реальний сектор економіки.

Джерело: сформовано автором

Узагальнюючи результати попереднього аналізу можна резюмувати, що подолання окреслених викликів потребує врахування щонайменше п'яти складників у межах цифрового каркасу кліматично-нейтральної економіки:

1. Системи моніторингу та аналізу даних про зміну клімату.

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.

Відтак, цифровий каркас кліматично-нейтральної економіки спирається на визначені раніше критично важливі цифрові технології та напрямки розвитку кліматично-нейтральної економіки, що у сукупності є компонентами каркасу. Концепт передбачає застосування як апробованих цифрових технологій, так і інноваційних. Принципи охоплюють необхідність забезпечення цифрової інклюзії, широкого доступу, кліматичну відповідальність, сталу диджиталізацію та збереження економічної доцільності. Ключові очікувані результати охоплюють рівень викидів (досягнення балансу нульових викидів у ключових секторах економіки), збереження продуктивності через диджиталізація процесів; посилення кліматичної стійкості.

Зазначимо, що наведені у підрозділі викладки стосуються саме прикладного досвіду апробації механізмів диджиталізації в реалізації діючих кліматичних-цифрових проектах. Безумовно, інноваційні розробки ведуться стосовно перспектив застосування цих технологій і в інших сферах. Проте,

вважаємо за доречне спиратися саме на існуючий досвід при побудові основи цифрового каркасу кліматично-нейтральної економіки, у той час як нові винаходи та інноваційні рішення можуть бути використані у якості його надбудови в майбутньому.

Така надбудова цифрового каркасу може здійснюватися за наступними напрямками.

По-перше, заохочення та стимулювання інновацій у цифрових секторах, визначених як ключові для забезпечення кліматично-нейтральності.

По-друге, розвиток спеціалізованих ринків кліматичних-цифрових технологій з акцентом на доступність для різних регіонів світу.

По-третє, подальша розробка пакетних цифрових рішень, готових для глобального використання у різних сферах кліматичного управління.

По-четверте, створення глобальної системи моніторингу для відстеження результативності застосування цифрових технологій та оцінки їх ефективності в наближенні до кліматичної нейтральності.

Окреслений цифровий каркас кліматично-нейтральної економіки є стратегічним напрямом для майбутнього розвитку. Його впровадження сприятиме ефективній інтеграції цифрових і кліматичних інструментів, що дозволить забезпечити глобальну економічну стабільність, екологічну рівновагу та розуміння ключових складників цифрового забезпечення кліматичної нейтральності світової економіки.

4.3. Модель розвитку кліматично-нейтральної економіки на засадах диджиталізації та глобального кліматичного фінансування

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 [332, 234]. 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 [104]. 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 [156, 493]. У цьому контексті створення моделі переходу до кліматично нейтральної економіки потребує пошуку комплексних, ефективних та загальноприйнятих важелів.

Як було вказано у попередніх розділах, диджиталізація розглядається як драйвер кліматичної нейтральності світової економіки, оскільки вона розвиває багатосторонній про-технологічний 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 [169]. 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 стаке 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).



Рис. 4.14. Розподіл бюджету ЄС за цільовими напрямками

Джерело: Цифровий компас ЄС [200]

Як бачимо на прикладі ЄС, найбільші бюджетні асигнування 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% [200]. 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.

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 [371, 142]. 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 [352].

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 [143]. 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 [125]. В іншому дослідженні висловлюється ідея переосмислення ставки співфінансування "зелених" проєктів, що значно варіюється та впливає на довгострокову стійкість кліматичних ініціатив [156]. 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 [124]. Варто зазначити, що всі ці дослідження розглядають загальну ефективність "зелених" фондів, але не аналізують структуру міжнародних кліматичних проектів. 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. 4.15).

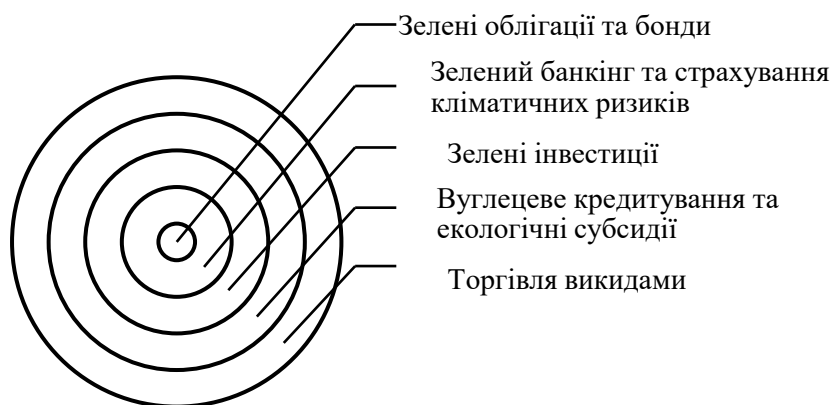


Рис. 4.15. Множина поширених рішень щодо механізмів зеленого фінансування для розвитку кліматично-нейтральної економіки

Джерело: узагальнення авторів на основі звітів про зелене фінансування IDFC та GCF [228, 257])

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 [94].

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 [465]. 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 облігаціями. Однак, їх спрямованість фокусується саме на проектах зі зниження викидів вуглецю, що стимулює розвиток низьковуглецевих технологій та підтримує перехід до кліматично-нейтральної економіки [475].

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 [177]. 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 [472].

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 [113]. Зазначимо, що державна підтримка через архітектуру субсидій стимулює реалізацію екологічних ініціатив, роблячи їх фінансово привабливішими [209].

Останніми роками набуває обертів 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 [154]. 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 [464]. 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 [131].

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, сприяючи 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:

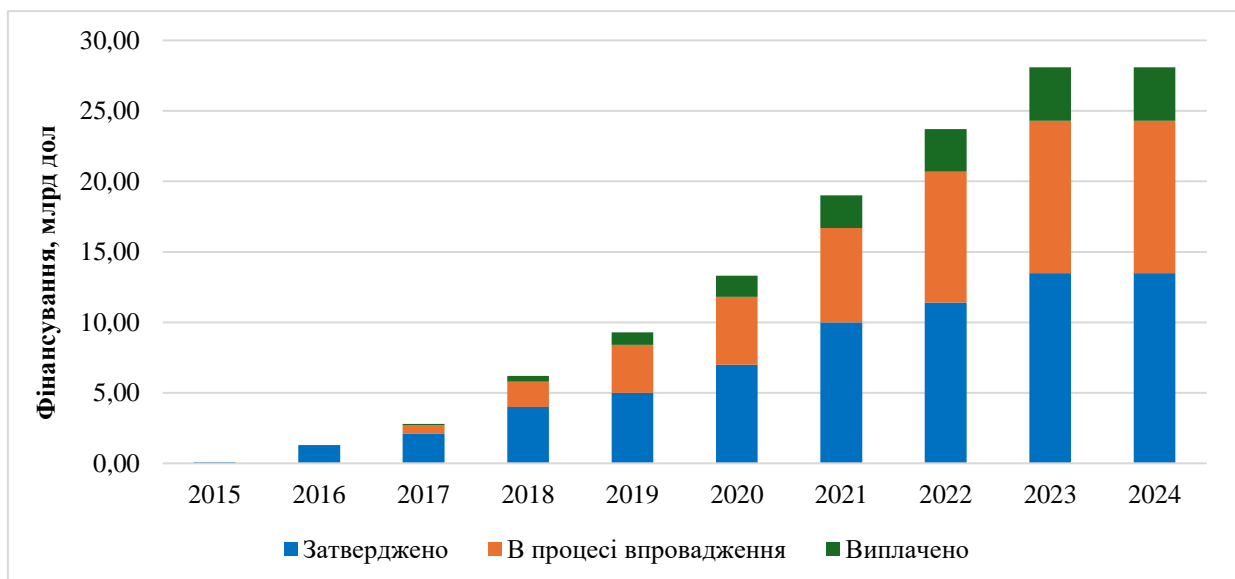
- Зелений кліматичний фонд (ЗКФ) – один з найбільших та потенційно найефективніший міжнародний фонд, створений для підтримки глобального скорочення викидів парникових газів та адаптації до зміни клімату, переважно в країнах, що розвиваються. ЗКФ був створений сторонами Рамкової конвенції ООН про зміну 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.

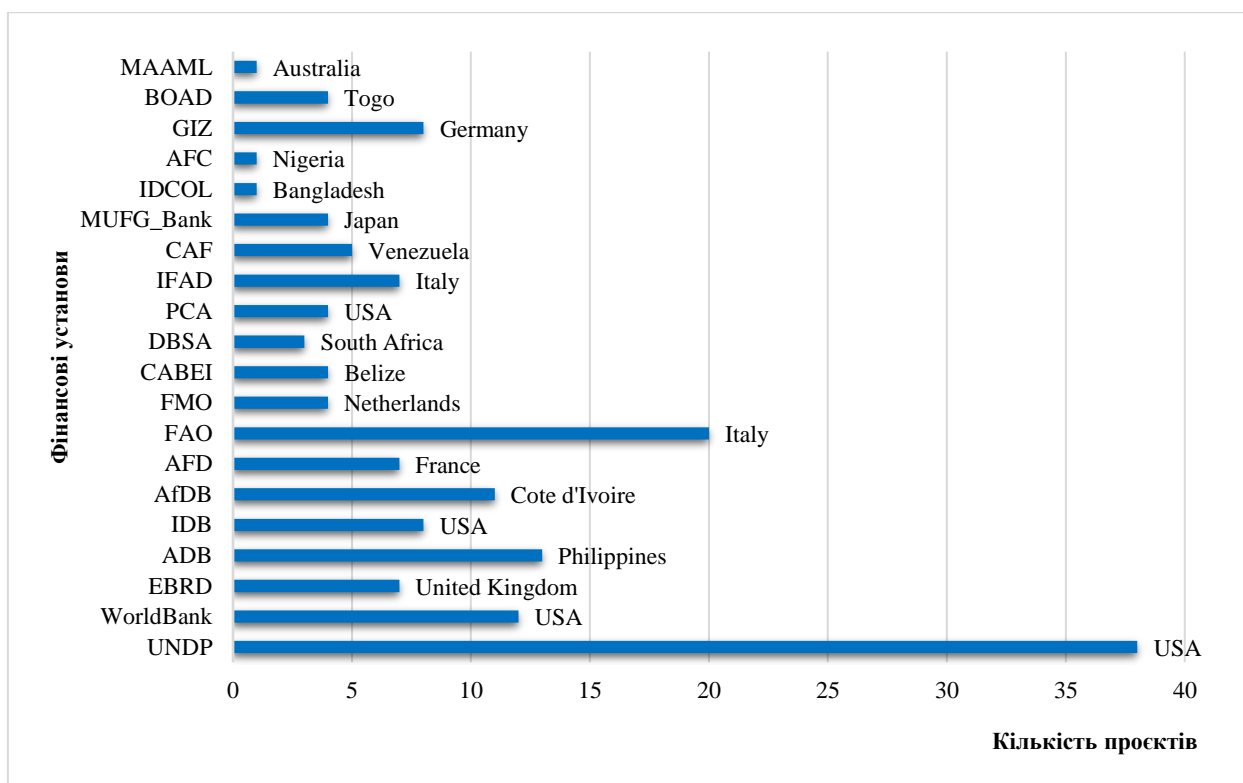
Зазначимо, що наведений перелік не є вичерпним. У сучасному економічному середовищі Зелений кліматичний фонд – абсолютний лідер за масштабом вирішення питань адаптації до зміни клімату та пом'якшення її наслідків. Глобальний кліматичний фонд посприяв усуненню понад 265 мільйонів тонн CO₂ на кожен мільярд доларів, витрачений на стратегії пом'якшення наслідків зміни клімату (мітигації) та прямо чи опосередковано допоміг 155 мільйонам людей на кожен мільярд доларів, виділений на проекти з адаптації [228].

Ефективність Глобального кліматичного фонду у зміцненні глобальної кліматичної стійкості та сталості значно підвищується завдяки його прагненню заохочувати національну відповідальність та забезпечувати відповідність його проектів стратегічним пріоритетам кожної країни.

За останнє десятиріччя обсяг фінансування кліматичних проектів значно зріс (рис. 4.16).



а) Річна динаміка



б) кількість діючих проєктів у розрізі фінансових установ та країн

Рис. 4.16. Фінансування кліматичних проєктів Зеленим кліматичним фондом

Джерело: побудовано авторами на основі статистики [228]

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 [228]. 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), Центральноамериканський банк економічної інтеграції (САВЕІ), 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 проєктів 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 [104]. 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 [131].

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 [414].

По-третє, загальні принципи справедливості та рівності. Переважаючи проблеми у впровадженні та управлінні ЗКФ можна розглядати як симптоми недоліків глобальної архітектури кліматичного фінансування [389]. Це посилюється недостатньою фінансовою підтримкою, яку розвинені країни

надають країнам, що розвиваються, та обмеженим фінансуванням, виділеним на проекти з адаптації [124].

Крім того, важливо виокремити проблемний аспект, що стосується ефективності 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 переконливу тенденцію глобального розподілу фінансової допомоги на боротьбу зі зміною клімату серед регіонів-реципієнтів та їх загальною готовністю до реалізації таких проектів.

Наведені дані (табл. 4.6) 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 проектів. 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.

Таблиця 4.6

Регіони-реципієнти глобального кліматичного фінансування

Світовий регіон	Готовність до кліматичних дій (R)		Діяльність, що фінансується за рахунок кліматичних коштів (КФ)		Баланс R до FA	
	Кількість грантів	Фінансування, млн доларів США	Кількість грантів	Фінансування, млн доларів США	кількісний	фінансовий
Африка	278	166,4	340	5 185,2	1:1,2	1:31,2
Азійсько-Тихоокеанський 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 ЗКФ [236]

Співвідношення між фінансуванням готовності та фактичним фінансуванням проекту 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 проекту. 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 проектів 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 проектів, 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 проектів 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.

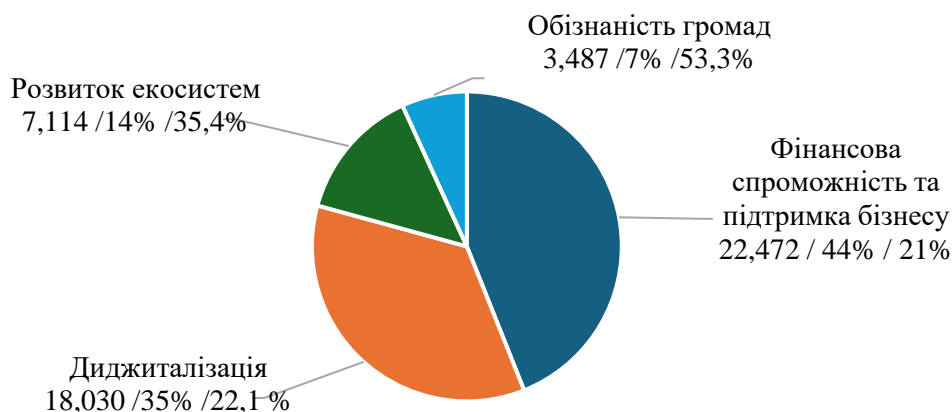
Також важливо диверсифікувати фінансові інструменти для гарантування достатнього фінансування кліматичних проєктів у всьому світі. Цього можна досягти, вивчаючи різні джерела фінансування, включаючи приватні інвестиції, гранти, кредити та підтримку міжнародних фінансових інституцій. Першорядне значення 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 Зеленого 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 GCF, %)

Рис. 4.17. Сегменти фінансової підтримки кліматично нейтральної економіки у світі

Джерело: розрахунки та систематизація авторів на основі відкритих даних GCF [236])

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 кліматичних 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 моделі розвитку 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.

Детальне кейс-стаді проєктів у Сегменті 1 дозволило визначити детермінанти, що сприяють розвитку сегменту "Диджиталізації для клімату": цифрова інфраструктура, цифровий двійник, розумна архітектура та технології розумного міста, розумне сільське господарство, розумний транспорт та електромобільність, цифрові електронні послуги, технології Індустрії 4.0, аналітика великих даних для аналізу ризиків, моніторингу, контролю та прогнозування.

Сегмент 2. Фінансова спроможність та підтримка 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 постраждалого 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; доступ до ресурсів.

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 [342]. Крім того, цей сегмент передбачає так звану концепцію 3R (з англ. Reduce-Reuse-Recycle "скорочувати — повторно використовувати — переробляти"), яка закладається у багатьох проектах Зеленого Кліматичного Фонду. 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 [157]. Приймаючи цю модель, розвиток екосистем може сприяти зменшенню впливу на навколишнє середовище та сприяти сталому використанню природних ресурсів.

Ключові детермінанти: Принцип ЕбА (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. 4.7).

Таблиця 4.7.

Фінансування кліматично-нейтральної економіки за сегментами

Сегменти	Сума проектів	Діапазон варіацій у фінансуванні, млн. дол.		Середня вартість, млн USD	Мода	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
Разом	243	32,07	7 805,30	849,97	251,00	354,85

Джерело: розрахунки авторів на основі відкритих даних ГКФ [236]

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 дол. США, при цьому половина проектів потребують не більше 355 млн дол. США 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 дол. США, 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.

З іншого боку, проекти з сегменту "Диджиталізація для клімату" мають середню оціночну вартість 253,9 млн дол. США. Оскільки типовий обсяг фінансування становить близько 31 млн дол. США, половина з цих ініціатив потребує не більше 65,7 млн дол. США 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. Лівова частка проектів

коштує близько 10 млн дол. США, а половина проектів у цьому сегменті не перевищує 50 млн і 47,3 млн дол. США 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 їх 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.

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.

Враховуючи викладені вище міркування, модель розвитку кліматично-нейтральної економіки представлено наступним чином (рис. 4.18.). З-поміж визначених раніше сегментів розвитку, модель закладає, що ключову роль у розвитку кліматично-нейтральної економіки відіграють різноманітні суб'єкти, включаючи державу, бізнес, громади, міжнародні організації, ІТ-сектор, освітні та наукові установи. Кожен з них виконує свою функцію: держава забезпечує стратегічне планування та контроль, бізнес впроваджує інноваційні рішення, громади адаптують їх на локальному рівні, а ІТ-компанії постачають

необхідні технології. Така взаємодія формує комплексний підхід до розвитку кліматично-нейтральної економіки, який враховує специфіку кожного рівня і забезпечує ефективну мережеву взаємодію між суб'єктами.

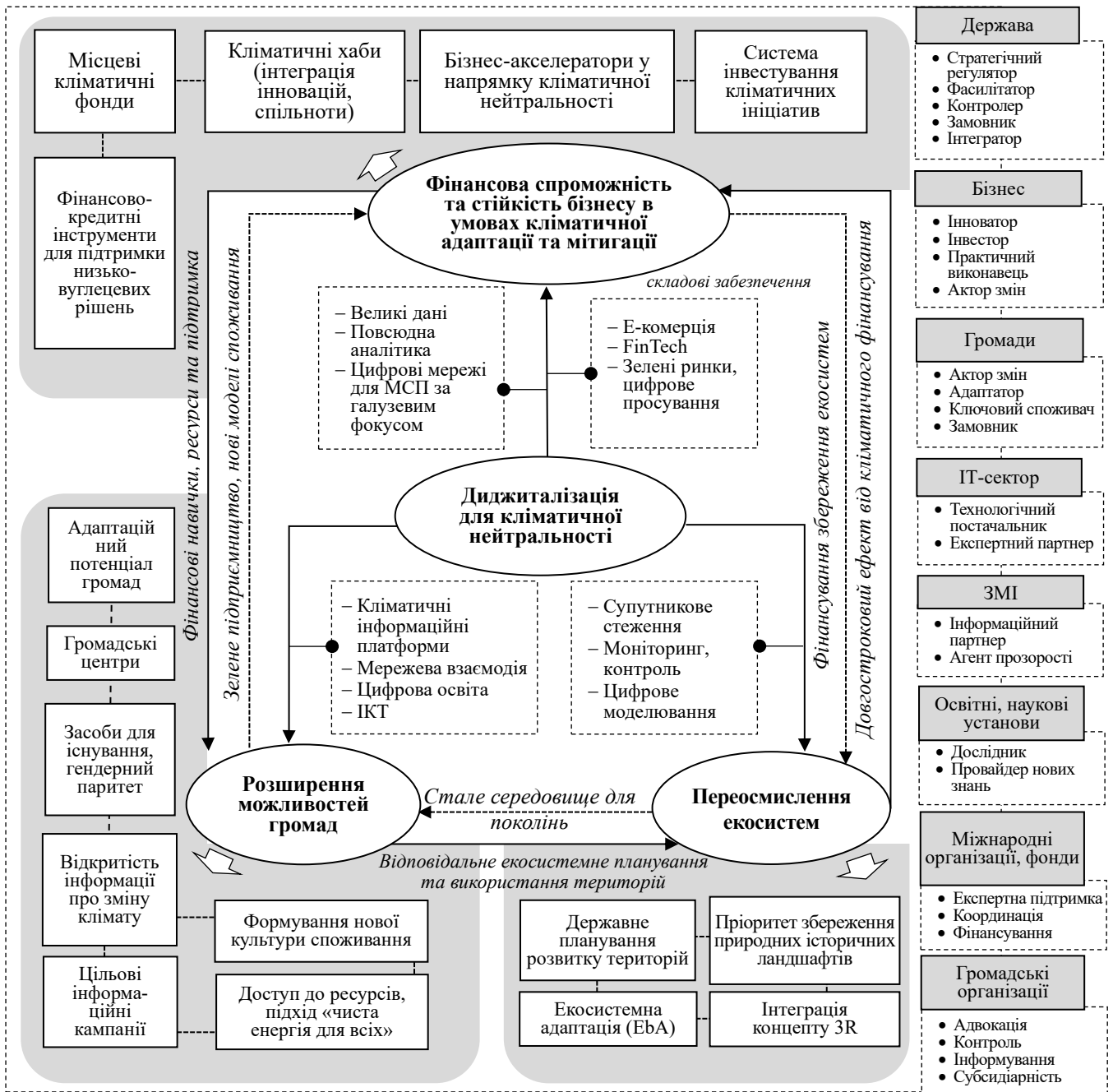


Рис. 4.18. Модель розвитку кліматично-нейтральної економіки на засадах інтеграції диджиталізації

Джерело: сформовано автором

Розглянемо кілька ключових зв'язків наведеної моделі.

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 впровадженню 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.

Висновки до розділу 4

Виконано аналіз диференціації міжнародних кліматично-цифрових ініціатив на основі бази даних канадського дослідницького хабу Future Earth "Sustainability in the Digital Age", яка узагальнює статистичну вибірку характеристик 370 діючих екологічних проєктів, що спрямовані на досягнення кліматичної сталості та спираються на інтеграцію цифрових технологій.

Визначено типологію кліматично-цифрових проєктів за фокусом отриманих результатів та цифрових можливостей їх реалізації, яка дозволяє окреслити стратегічні орієнтири досягнення кліматичної нейтральності економіки та включає такі просторові сфери: сільське господарство та продовольчі системи; управління енергією; циркулярні практики та управління ресурсами; інфраструктура розумного міста та управління будівлями; екологічний моніторинг та збереження екосистем; дані та цифрові інструменти для клімату.

Незважаючи на те, що попит на такі рішення відрізняється в різних регіонах, ЄС та США є беззаперечними лідерами у розробці цифрових рішень

для кліматичних ініціатив. Водночас, їх найбільші реципієнти - країни Африки – демонструють низьку спроможність у самостійній реалізації таких програм. Обґрунтовано, що характер партнерства є вагомим чинником реалізації кліматично-цифрових проєктів, що підтримуються переважно приватним сектором, громадськими організаціями, широкими консорціумами, моделями публічно-приватного партнерства, демонструючи адаптивність та універсальну застосовність.

Доведено, що міжнародні кліматично-цифрові ініціативи сприяють підтримці партнерських екосистем, в яких цифрові технології допомагають глобальним і місцевим громадам впроваджувати кліматично-нейтральні рішення. Визначено, що інтеграція диджиталізації у міжнародні кліматичні ініціативи сприяє координації зусиль на глобальному рівні, забезпечуючи прозорість і відстежуваність у процесі досягнення кліматичної нейтральності.

Побудовано цифровий каркас кліматично-нейтральної економіки на глобальному рівні. Показано, що диджиталізація пропонує комплекс рішень для підтримки ініціатив кліматичної нейтральності у глобальному масштабі, утворюючи своєрідний цифровий каркас. Продемонстровано важливість таких технологій, як штучний інтелект для оптимізації процесів, блокчейн для моніторингу викидів, Інтернет речей для підвищення енергоефективності та ін., розвиток яких має закладатись у національні стратегії. За результатами аналізу підкреслено, що штучний інтелект, машинне навчання, спільні ІТ-платформи та блокчейн є стратегічно важливими цифровими технологіями для досягнення кліматично нейтральних цілей. Ці цифрові рішення часто застосовуються окремо або в поєднанні з іншими технологіями в рамках кліматично-цифрових проєктів. З іншого боку, використання супутників, датчиків, дронів, дистанційного зондування потребує додаткової підтримки і часто інтегрується з іншими ІТ-технологіями.

Така диференціація відображає нинішній акцент світової економіки на адаптаційних стратегіях та окреслює певний технологічний рубіж, у той час як у майбутньому кліматично-цифрові ініціативи можуть переорієнтуватися на

моделювання поведінкових змін та інші цифрові інновації. Підкреслено, що запропонований цифровий каркас може інтегруватися в стратегії цифрового розвитку країн у якості орієнтиру для посилення потенціалу їх готовності до втілення програм кліматичної нейтральності. Інтеграція цифрового каркасу кліматично-нейтральної економіки є ключовим фактором у плануванні її технологічного та інноваційного забезпечення, що дозволяє адаптувати цифрові інструменти до потреб різних регіонів та окремих індустрій.

Сформовано модель розвитку кліматично-нейтральної економіки на основі дослідження особливостей глобального зеленого фінансування та портфелю проєктів найбільшого в цій сфері Зеленого кліматичного фонду. Показано, що підтримка міжнародних фінансових інституцій, особливо у сфері зеленого фінансування, має вирішальне значення для сприяння реалізації кліматично-нейтральних ініціатив, особливо в країнах, що розвиваються та потребують підтримки їх кліматичних зусиль. Виділено 4 ключові сегменти моделі: "диджиталізація для клімату"; "фінансова спроможність та підтримка зеленого переходу бізнесу"; "розширення прав і можливостей громад"; "переосмислення розвитку екосистем". Показано наскрізну роль цифрової трансформації та її механізми в реалізації цих напрямків. Підкреслено важливість покращення цифрової інтеграції, впровадження управління кліматом на основі даних, підтримки підприємницьких ініціатив у переході до кліматичної нейтральності, подолання цифрового розриву, сприяння міжсекторальній співпраці та мережевій координації.

Основні наукові результати, представлені в розділі 4, опубліковано в таких працях автора: 39, 42, 47, 52, 53, 310, 311, 312, 314

РОЗДІЛ 5. СТРАТЕГІЧНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ КЛІМАТИЧНО-НЕЙТРАЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ НА ЗАСАДАХ ДИДЖИТАЛІЗАЦІЇ

5.1. Передумови досягнення кліматичної нейтральності економіки України в контексті зеленого та цифрового розвитку

Кліматична нейтральність формує важливий вектор розвитку економіки України, що почав формуватися з часів набуття незалежності та поступової ратифікації міжнародних зелених угод і програмних ініціатив. Впродовж останніх років кліматичний тренд набуває ознак інтенсифікації на тлі посилення євроінтеграційних процесів та загострення екологічно деструктивного впливу війни. Цей напрям - один з найбільших викликів для України, подолання якого потребує стратегічного переосмислення стратегій розвитку національної економіки та системного залучення усіх суб'єктів господарювання. Натомість, динаміка цифрового розвитку України демонструє більш стабільний та стрімкий прогрес, що особливо помітний у сфері впровадження інформаційно-комунікаційних технологій, диджиталізації державних послуг, стрімкому поширенні цифрових бізнес-моделей та проактивній інтеграції у світовий цифровий простір.

З огляду на це, в Україні склалась низка передумов комплексного соціально-економічного, екологічного, технологічного та геополітичного характеру, що окреслюють як перспективи, так і виклики, на шляху до досягнення кліматичної нейтральності національної економіки, зокрема крізь призму інтеграції широких можливостей диджиталізації. Зазначимо, що сучасний вектор кліматично-нейтрального розвитку економіки України формується під впливом кількох формотворчих напрямів, які вважаємо за доцільне враховувати в дослідженні (рис. 5.1).

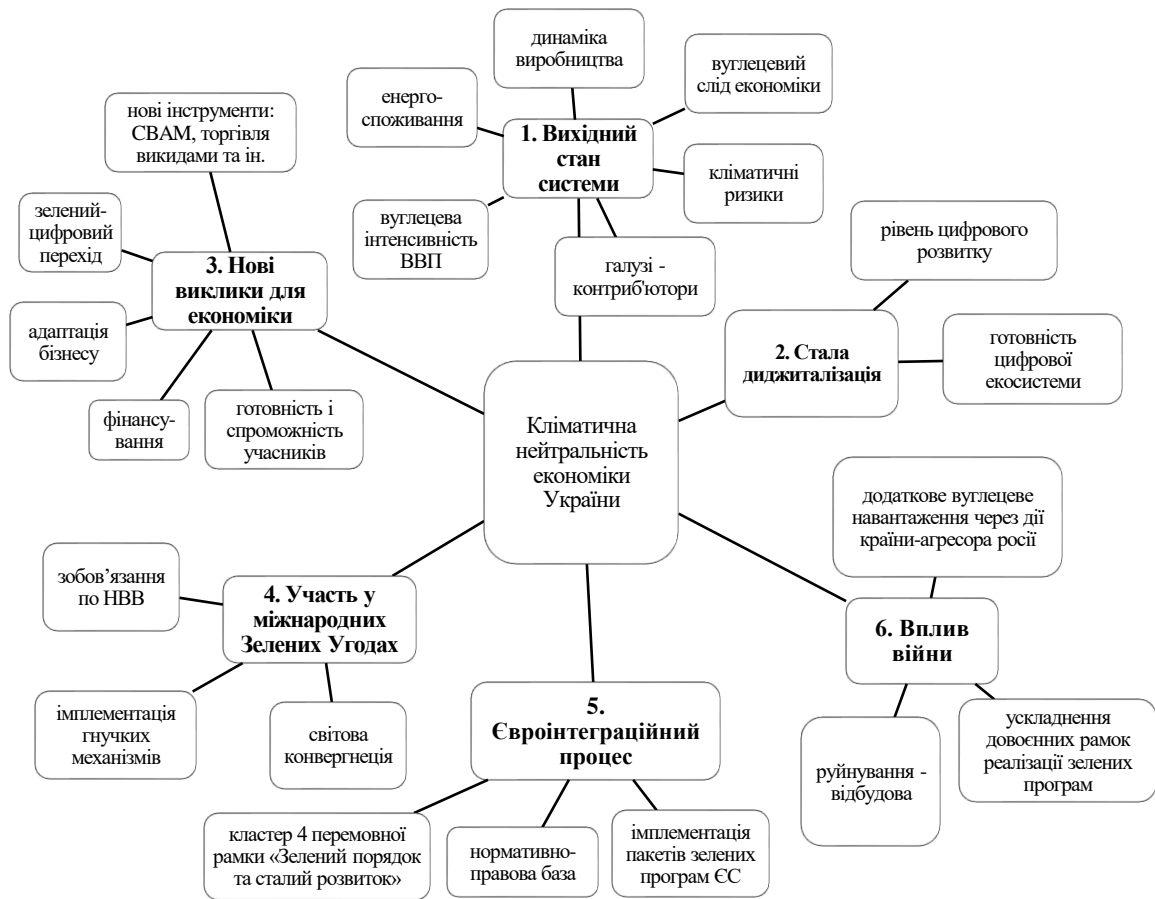


Рис. 5.1. Напрямки, що окреслюють процес досягнення кліматичної нейтральності в Україні

Джерело: сформовано автором

Зазначені напрямки впливають на процес досягнення кліматичної нейтральності в Україні через безпосередню дотичність з ключовими аспектами національної економіки та зовнішньої політики. Їх вибір пояснюється такими міркуваннями.

По-перше, початковий вихідний стан системи є базисним для аналізу наявного рівня вуглецевих викидів економіки, енергоємності, вуглецевої інтенсивності ВВП, можливостей переходу окремих галузей до кліматичної нейтральності. Фактично, ці показники обумовлені історично та еволюційно, через особливості системи господарювання та рівень загального розвитку економіки, що нині впливає на її здатність досягати нульових викидів.

По-друге, у глобальному середовищі постійно з'являються нові рішення, що мають бути адаптовані до вітчизняних реалій. Для економіки України

такими новими викликами є зокрема зростання вимог до впровадження низьковуглецевих практик, розвиток фінансових інструментів, механізми регулювання викидів та ін. Це обумовлює необхідність системно підтримувати кліматично-нейтральний розвиток економічних суб'єктів в умовах постійного підвищення кліматичних зобов'язань.

По-третє, формотворчим напрямом впливу є ратифікація Україною міжнародних Зелених Угод. З одного боку, це накладає додаткові зобов'язання, зокрема репутаційного характеру, а з іншого - забезпечує доступ до глобальних практик, механізмів фінансування та технологій, сприяючи більш ефективній взаємодії з міжнародними партнерами в рамках спільних зусиль із досягнення кліматичної нейтральності.

По-четверте, підкреслимо важливу роль євроінтеграційного процесу, у якому нині перебуває Україна і який контурує національні стратегії на найближче десятиріччя. Проходження цієї історично важливої для країни віхи не тільки стимулює розвиток та інтеграцію кліматичних політик, але є свідченням готовності до двосторонніх домовленостей у сфері досягнення кліматичної нейтральності.

По-п'яте, як було обґрунтовано у попередніх розділах, стала диджиталізація є важливим драйвером досягнення кліматичної нейтральності та гармонізації зеленого-цифрового переходу. Проте, впровадження цього концепту для України у першу чергу потребує аналізу стану цифрового розвитку та розгортання цифрових екосистем.

По-шосте, вплив війни додає значний рівень невизначеності в процес досягнення кліматичної нейтральності, продукуючи економічну нестабільність, додаткове вуглецеве навантаження та деструктивно впливаючи на хід реалізації зелених програм. Водночас, обставини війни росії проти України закликають до перегляду пріоритетів в частині включення орієнтирів кліматичної нейтральності до стратегічної рамки відновлення задля збереження екологічної сталості під час відбудови.

З огляду на зазначені міркування, напрями впливу 5 «Євроінтеграційний процес» та 6 «Вплив війни» вважаємо за доцільне розглянути окремо, що втілено у наступних підрозділах дисертаційного дослідження.

Зазначимо, що актуальність форсованої імплементації засад кліматично-нейтрального розвитку в Україні обумовлена посиленням негативних проявів наслідків зміни клімату на території нашої держави. Національна «Стратегія екологічної безпеки й адаптації до зміни клімату на період до 2030 року», що була затверджена Кабінетом Міністрів України (КМУ) ще до початку повномасштабного вторгнення, визначила сукупність найбільш критичних викликів для України, що прямо чи опосередковано обумовлені ризиками зміни клімату (рис. 5.2).

Підвищення середньорічної температури в Україні	<ul style="list-style-type: none"> • на 0,8–1,1°C до 2040 року • на 2–4,3°C до кінця століття
Затоплення до кінця сторіччя через підняття рівня Чорного моря	<ul style="list-style-type: none"> • близько 650 тис. гектарів суходолу • біля 590 населених пунктів в Україні
Висока деградація і розораність земель	<ul style="list-style-type: none"> • 54%, у деяких областях понад 70%
Критично мала частка територій природно-заповідного фонду	<ul style="list-style-type: none"> • 6,8% площі території України (в ЄС – 15%)
Стрімке масове всихання хвойних лісів	<ul style="list-style-type: none"> • 395,4 тис. гектарів, з яких соснові ліси – майже 200 тис. гектарів
Сміття в Чорному морі вдвічі більше, ніж у Середземному	<ul style="list-style-type: none"> • 83% – пластик
Забруднення атмосферного повітря	<ul style="list-style-type: none"> • зафіксовано як причину 58 тис. смертей в Україні

Рис. 5.2. Критичні напрямки екологічного впливу на економіку України, пов'язані з антропогенним впливом на клімат

Джерело: сформовано автором на основі Стратегії [11]

Наведений перелік екологічних проблем свідчить про досить серйозний рівень кліматичної загрози для України, обумовлений характером ведення господарської діяльності та функціонування національних індустрій. До

причин загострення проблеми також слід віднести значне техногенне навантаження, спричинене функціонуванням технологічно застарілих виробничих потужностей багатьох підприємств України, особливо у таких галузях, як гірничодобувна, хімічна та енергетична.

У цих умовах, забезпечення кліматичної нейтральності економіки України має розглядатися у фарватері національних інтересів, що потребує рішучих змін у підходах до виробництва та управління ресурсами для забезпечення кліматичної сталості у майбутньому. У цьому контексті пропонується розглядати диджиталізацію як драйвер реалізаційного посилення цих трансформацій в Україні.

За останні роки нормативно-правова база з питань цифрового розвитку та кліматичної проблематики поповнилась новими змістовними документами, які визначають вектори державних політик на найближче майбутнє (рис. 5.3).

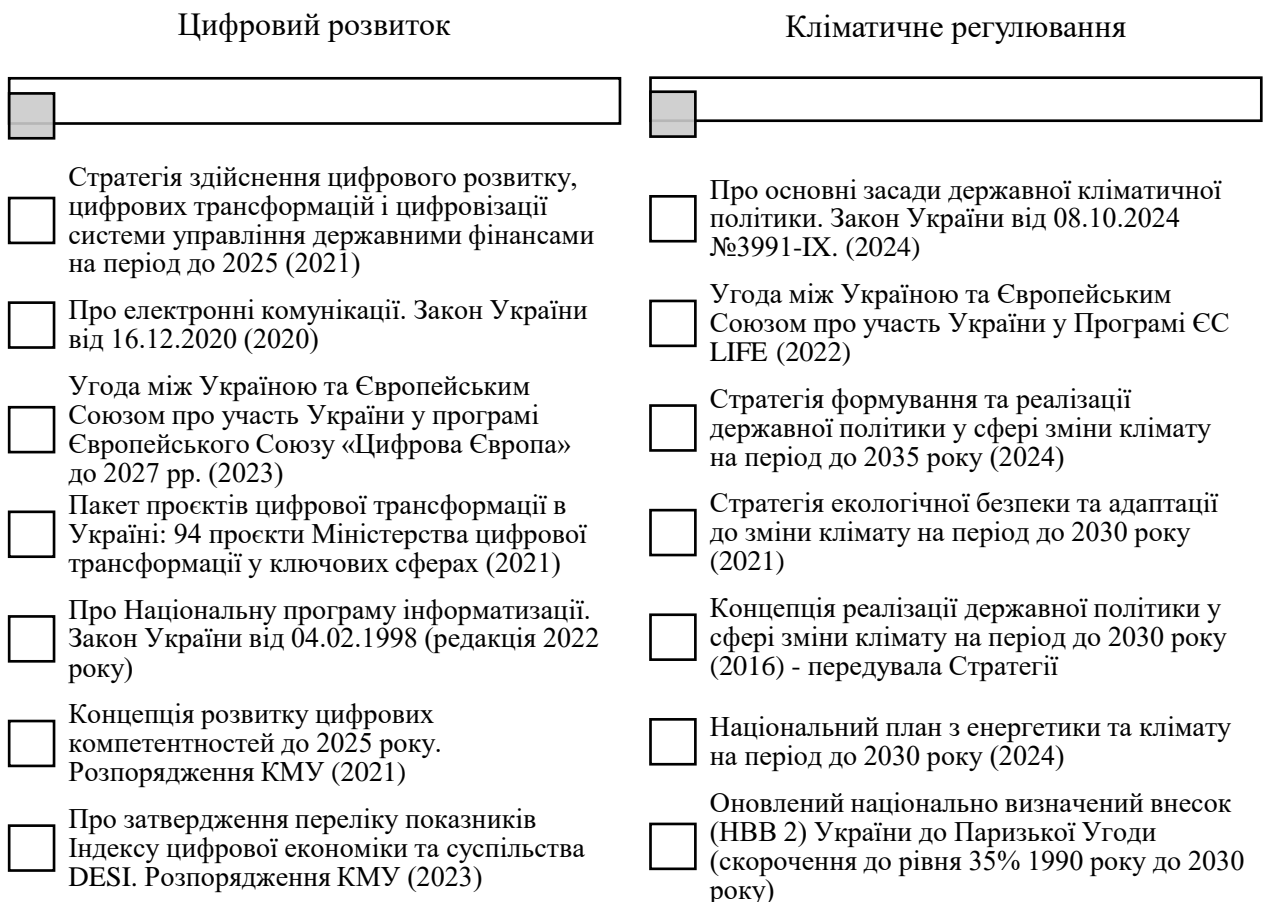


Рис. 5.3. Нові державні нормативні документи в регулюванні питань цифрового розвитку та зміни клімату

Джерело: сформовано автором

Зазначені нормативно-правові документи формують засади реалізації державних стратегій цифрового розвитку та кліматичного регулювання.

Одним з формотворчих стосовно цифрового розвитку є Закон України «Про національну програму інформатизації» [8], який закладає важливі орієнтири щодо забезпечення розвитку інформаційного суспільства; застосування інформаційних і цифрових технологій у державному управлінні та суспільно-економічних відносинах; подолання цифрової нерівності; безпеки інформаційної діяльності та кіберзахисту; інтеграції України у світовий інформаційний простір. Реалізація програми заклала підвалини стрімкої диджиталізації в Україні, що нині набирає обертів, зокрема завдяки ініціативам Міністерства цифрової трансформації України останніх років.

У зазначених ініціативах прослідковується кілька напрямків, що важливі для стимулювання цифрового розвитку та, у перспективі, розгортання цифрового каркасу кліматичної нейтральності економіки України:

Напрямок 1 - подолання цифрового розвитку та підвищення цифрової грамотності українців, на що спрямовано Концепцію розвитку цифрових компетентностей до 2025 року [4];

Напрямок 2 – релевантна оцінка та прозорість, що реалізується через введення системи збору показників для розрахунку Індексу цифрової економіки та суспільства DESI для України [7]. У цифровій сфері впровадження DESI є важливим кроком до оцінки та підвищення цифрової конкурентоспроможності країни. Включення України до DESI допоможе реалізувати потенціал цифрової конкурентоспроможності та сприятиме інтеграції до Єдиного цифрового ринку ЄС;

Напрямок 3 – інтеграція у європейський цифровий простір та обмін досвідом, що регламентує Угода між Україною та Європейським Союзом про участь України у програмі Європейського Союзу «Цифрова Європа» до 2027 рр. [16].

Напрямок 4 – акцент на доступності цифрових платформ та масштабній диджиталізації у різних сферах. У цьому напрямку варто зазначити широку

ініціативу Міністерства цифрової трансформації щодо реалізації пакету 94 проєктів цифрової трансформації в Україні, який доступний на публічному порталі Міністерства [17]. Серед проєктів є напрямки, де Україна демонструє унікальний досвід диджиталізації, зокрема рішення у різних сферах: е-Нотаріат, е-Майно, е-Школа, е-Соцзахист, е-Дозвіл.

Зазначимо, що нині портал пропонує 12 державних цифрових проєктів у категорії «захист довкілля та природних ресурсів», які демонструють використання інструментів диджиталізації у вирішенні екологічної проблематики в Україні (табл. 5.1).

Таблиця 5.1

Державні цифрові проєкти захисту довкілля та природних ресурсів в Україні

Назва	Цифровий продукт	Компоненти диджиталізації
Цифрова трансформація рибного господарства	е-Рибалка	Збір інформації; Аналітика використання водних ресурсів; Електронні реєстри квот на вилов; Електронні послуги (дозволи, ліценції); Реєстрація та звітність
Цифрова трансформація біологічного і ландшафтного різноманіття	е-ПЗФ	Цифрова система обліку і контролю ресурсокористування у природно-заповідних зонах; Цифрові дозволи на експорт-імпорتنі операції рідкісної флори та фауни;
Цифрова трансформація державного нагляду у сфері охорони навколишнього середовища	е-Екоконтроль	Цифровий екологічний контроль; автоматизація функцій оповіщення з можливістю публічного звітування
Цифрова трансформація моніторингу довкілля	е-Довкілля	Збір та обробка даних з різних джерел при установах, що здійснюють моніторинг; інтеграція до єдиної бази даних
Цифрова трансформація стратегічної екологічної оцінки та оцінки впливу на довкілля	е-СЕО е-ОВД	Автоматизація стратегічної екологічної оцінки; єдиний реєстр державних документів; цифровий контроль виконання проєктів
Цифрова трансформація поводження з пестицидами та хімікатами в агросекторі	е-Пестициди	Електронна система обліку пестицидів та хімікатів; електронна державна реєстрація; електронна звітність
Цифрова трансформація водного господарства	е-Вода	Цифровий водний кадастр; онлайн-звітність та оподаткування
Цифрова трансформація раціонального використання надр	е-Надрокористування	Електронні аукціони; цифрові дозволи; доповнена реальність для аналізу ділянок надр; цифрові інвестиційні атласи; інтегровані карти корисних копалин
Цифрова трансформація лісового господарства	е-Ліс	Електронні квитки на вирубку; цифрове спостереження за станом лісу; електронний лісовий кадастр; електронна система державного і громадського контролю

Джерело: сформовано автором на основі даних публічного порталу [17]

Реалізація окреслених цифрових проєктів спрямована не тільки на забезпечення цифрової трансформації відповідних сфер, але на забезпечення прозорості, довіри між учасниками та збору аналітики. Фактично, реалізуючи подібні цифрові ініціативи, держава отримує доступ до джерел даних різноманітної інформації, яка може бути використана для аналізу, моніторингу, контролю, планування та підтримки прийняття рішень.

Втім, серед діючих проєктів відчувається нестача кліматичних-цифрових ініціатив. Зважаючи на глибину загострення проблеми, Україна потребує впровадження цифрових проєктів кліматичного регулювання на державному рівні. Це той напрям, де диджиталізація здатна виступити потужним драйвером реалізації державних політик, враховуючи нові ініціативи у цьому напрямку. Серед них слід підкреслити Закон України "Про основні засади державної кліматичної політики" [9], який передбачає:

- стратегічне планування та практичні кроки у досягненні кліматичної нейтральності;
- кроссекторальність кліматичної політики;
- моніторинг дій та кроків по реалізації кліматичної політики;
- системне прогнозування у сфері зміни клімату;
- виконання міжнародних зобов'язань України.

Важливими акцентами є підвищення рівня поінформованості суспільства щодо значення, переваг та інструментів сталого споживання і виробництва, зменшення негативного впливу процесів урбанізації на довкілля; запобігання зміні клімату та адаптацію до неї, впровадження в Україні сталого низьковуглецевого розвитку всіх галузей економіки; розвиток і вдосконалення природоохоронного законодавства відповідно до права ЄС, забезпечення науково-інформаційної та інноваційної підтримки, запровадження цільового бюджетного фінансування природоохоронних заходів та недержавного інвестування природоохоронних проєктів.

Підкреслимо, що цим законопроєктом визнається необхідність обох напрямків досягнення кліматичної нейтральності економіки: пом'якшення

наслідків зміни клімату та адаптації до неї, а також посилення виконання міжнародних зелених угод. У цьому напрямку диджиталізація сприятиме удосконаленню національної системи інвентаризації антропогенних викидів парникових газів, забезпеченню функціонування національної системи моніторингу та оцінки досягнення цілей державної кліматичної політики та прогнозування у сфері зміни клімату.

Іншим важливим кроком є Стратегія формування та реалізації державної політики у сфері зміни клімату на період до 2035 року [14]. Ухвалення цієї Стратегії, перш за все, обумовлене необхідністю виконання завдань, що відповідають стратегічному курсу держави для набуття повноправного членства України в Європейському Союзі та дотримання, у зв'язку з цим, всіх зобов'язань України за Рамковою конвенцією Організації Об'єднаних Націй про зміну клімату, Паризькою угодою, іншими міжнародними домовленостями у сфері зміни клімату, Угодою про асоціацію між Україною та Європейським Союзом. Документ передбачає наступні стратегічні цілі в реалізації єдиної загальноприйнятої державної стратегії формування державної політики у сфері зміни клімату (рис. 5.4).



Рис. 5.4. Ключові цілі стратегії державної політики у сфері зміни клімату

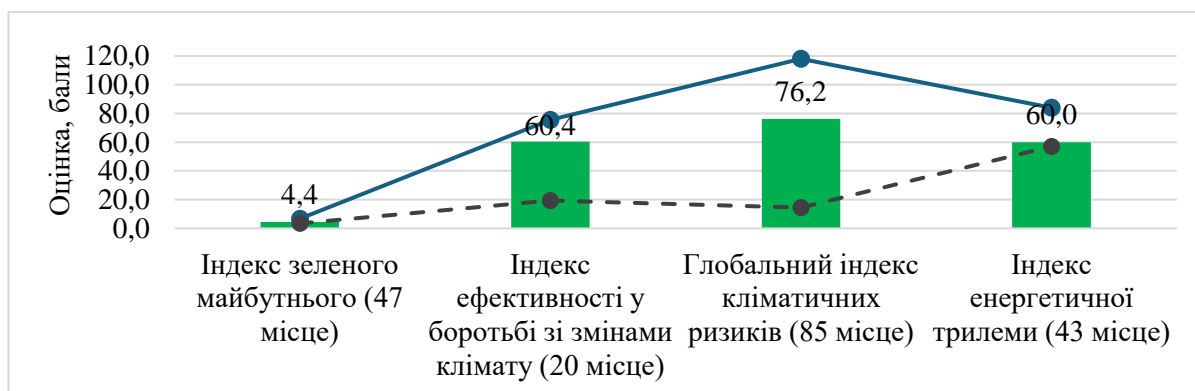
Джерело: систематизовано зі Стратегії [14]

Обидві цілі є взаємодоповнюваними: перша створює основу для регуляції та координації, а друга забезпечує практичну реалізацію заходів, що сприяють зниженню впливу на клімат. Водночас, диджиталізація здатна посилити реалізацію цих стратегічних цілей державної кліматичної політики, забезпечуючи інноваційні підходи до адаптації та пом'якшення наслідків зміни клімату, а також прискорюючи перехід до низьковуглецевого виробництва.

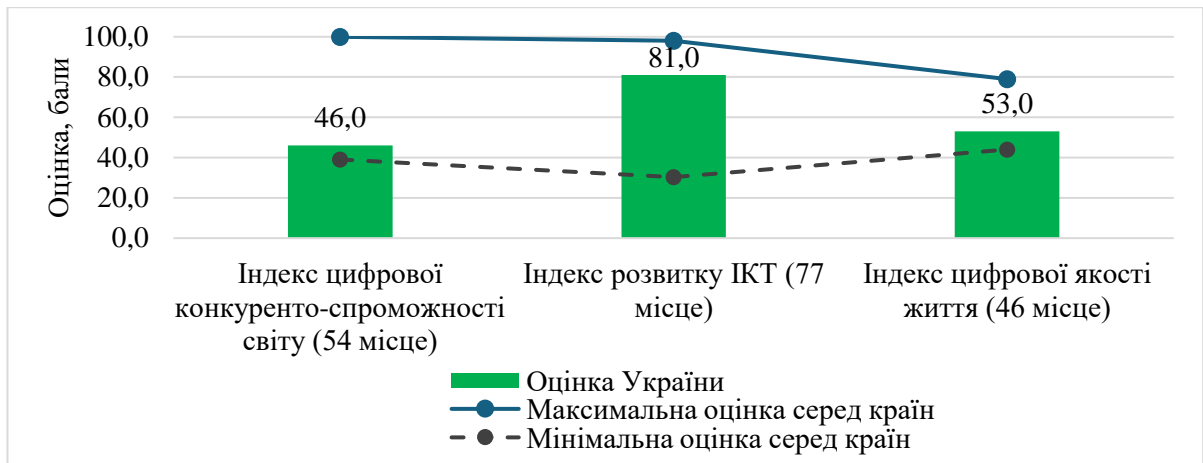
Варто зазначити, що диджиталізація також сприятиме розвитку самої системи нормативно-правової бази України через створення цифрових платформ для автоматизації звітності та контролю за виконанням кліматичних зобов'язань. Це посилить інституційну координацію завдяки інтеграції даних та забезпечення доступу до них в режимі реального часу, що дозволить приймати більш обґрунтовані рішення у сфері кліматичного регулювання.

Аналіз показників зеленого та цифрового розвитку України, здійснений відповідно до методологічної канви дослідження, показав досить обнадійливі результати, що дозволяють говорити про перспективи досягнення кліматичної нейтральності національної економіки. Втім, багато напрямків потребують значної підтримки та посилення.

В останні роки Україна продемонструвала поступове зміцнення позицій за індексами зеленого та цифрового розвитку, однак її загальне положення у рейтингах країн світу залишається посереднім відносно лідерів (рис. 5.5 а,б).



а) Глобальні індекси зеленого розвитку



б) Глобальні індекси цифрового розвитку

Рис. 5.5. Позичування України за індексами зеленого та цифрового розвитку (2022 рік)

Джерело: побудовано автором на основі статистичних баз індексів [432], [429], [188], [482], [258], [256], [170], [166]

Зазначимо, що розрахунок індексів цифрової конкурентоспроможності, енергетичної трилеми та ефективності боротьби зі змінами клімату було призупинено для України у зв'язку з початком повномасштабного вторгнення росії. Їх значення обрано у ретроспективі довоєнного періоду станом на кінець 2021 року.

З останні 3 роки найбільший стрибок продемонстрував Індекс зеленого майбутнього, за яким Україна покращила показника на 16 позицій (з 63 до 47 місця) за рахунок позитивної оцінки зростання потенціалу переходу до низьковуглецевого розвитку. Зазначимо, що посилення позицій відбулось за такими складниками індексу, як оцінка енергетичного переходу (Україна збільшила частку відновлюваних джерел енергії в енергетичному балансі, що позитивно вплинуло на оцінку за цим компонентом) та кліматичних політик (схвалення Урядом України кліматичної стратегії, посилення участі у програмах ЄС). Водночас, оцінка за критерієм інновацій у сфері чистих технологій залишилась практично незмінною, що говорить про необхідність посилення цього напрямку. Варто відзначити деяке покращення позицій України за Індексом кліматичних ризиків (на 7 позицій), однак загальне позиціонування залишається низьким, що говорить про збереження досить

високого рівня кліматичної небезпеки. Зважаючи на важливість енергетичної ефективності для досягнення кліматичної нейтральності, негативним маркером є досить значний лаг (24 %) між Україною та ЄС за індексом енергетичної трилеми (60 та 79,3 балів відповідно). Це потребує додаткової уваги до підтримки балансу енергетичної трилеми в Україні за трійкою її складників: енергетична безпека, доступ до енергії, екологічна стійкість.

Індекси цифрового розвитку практично не показали значної динаміки за останні 3 роки. З максимально можливих у цій категорії 100 балів, Україна отримала найвищу оцінку розвитку інформаційно-комунікаційних технологій (81 бал). Водночас, більш широкі за своїм змістом «Цифрова якість життя» та «Цифрова конкурентоспроможність» оцінені набагато критичніше у 53 та 46 балів відповідно.

Деталізація складників індексу розвитку ІКТ демонструє позитивну тенденцію до скорочення розриву між Україною та ЄС за показниками цифрового розвитку (рис. 5.6, деталізація у Додатку Л).



Рис. 5.6. Деталізація показників цифрового розвитку ІКТ України та ЄС (100 – найкращий результат, 0 – найгірший, станом на 2023 рік)

Джерело: побудовано автором на основі відкритої статистики ІКТ [256]

Як бачимо, Україна значною мірою наближається до ЄС за показниками цифрового розвитку, значно випереджаючи більшість країн у своїй групі за рівнем доходу. Максимальне наближення до ЄС спостерігається в таких параметрах як доступність мобільного та фіксованого широкосмугового зв'язку, власники мобільних телефонів (абсолютний розрив всього 1-2 %), доступ домогосподарств до Інтернету (6,9 %), покриття мобільного широкосмугового зв'язку (7,29 %), користувачі Інтернету (8,85 %). Важливо зазначити, що найбільший розрив зберігається за рівнем проникнення мобільного широкосмугового зв'язку (22,6%), що характеризує наскрізність доступу до цифрових послуг для різних категорій населення. Рівень проникнення мобільного широкосмугового зв'язку є критичним показником, оскільки він безпосередньо впливає на можливості доступу до інтернету в регіонах, забезпечення цифрової інклюзії та підвищення загальної цифрової якості життя [338]. Стосовно потенціалу диджиталізації, цей розрив свідчить про те, що значна частина населення залишається обмеженою в доступі до сучасних цифрових послуг, зокрема дистанційного навчання, електронної комерції та публічних онлайн-сервісів тощо. Подолання цього відставання в Україні є важливим аспектом у напрямку зростання цифрової якості життя на рівні, встановленому ЄС.

У цілому, наведені результати індексної оцінки дозволяють говорити про наявність достатнього базису цифрового розвитку в Україні, але водночас свідчать про необхідність форсування цифрового стрибка для скорочення лагу з країнами-лідерами. Це набуває стратегічного значення в контексті забезпечення подвійного зеленого – цифрового переходу економіки, коли диджиталізація розглядається рушійною силою у реалізації програм та проєктів кліматично-нейтрального розвитку.

Квантитативний аналіз динаміки макропоказників України, визначених методологією дослідження, дозволив детермінувати наступні тенденції, що обумовлюють передумови досягнення кліматичної нейтральності

національної економіки (рис. 5.7). Вихідна статистика представлена у таблиці (табл. М.1, Додаток М).

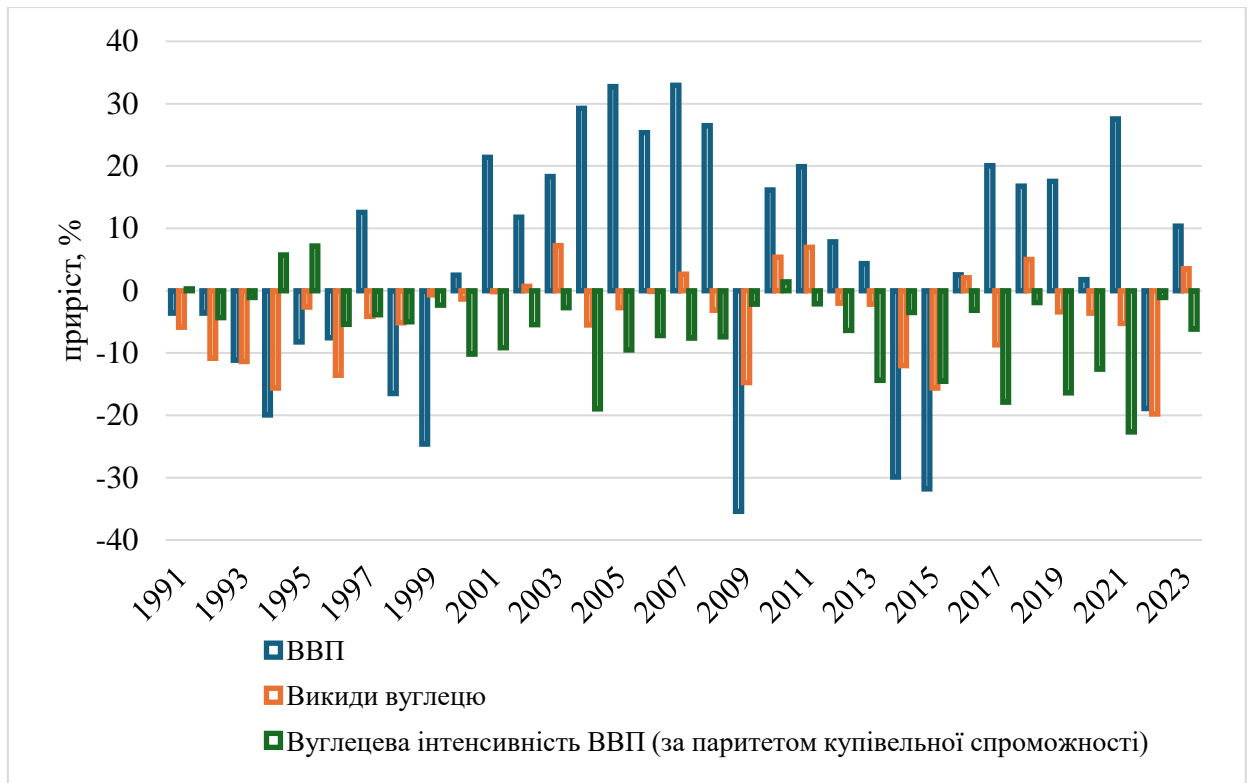


Рис. 5.7. Динаміка приростів ВВП відносно обсягу викидів в Україні

Джерело: розраховано автором

Аналіз динаміки приростів ВВП, викидів та вуглецевої інтенсивності ВВП в Україні показав прояв тенденції, характерної і для світового рівня. Найбільш позитивною з точки зору досягнення кліматичної нейтральності є ситуація збіжності, коли ВВП країни зростає, а його вуглецева інтенсивність падає, що свідчить про декарбонізацію економіки та зниження викидів національних індустрій при одночасному економічному зростанні. В Україні ця позитивна тенденція спостерігалась в період з 2001 по 2008 роки, і потім після подолання економічного падіння світової кризи – фрагментарно з 2010 по 2013 рік та у 2017-2019 роках. Водночас, падіння ВВП при одночасному зниженні його вуглецевої інтенсивності на тлі пандемічної кризи та початку війни (2020 – 2022 роки) свідчить про зниження вуглецевого сліду України, що фактично сприяє досягненню чистого нуля викидів, але на практиці є наслідком падіння економіки, а не впровадження низьковуглецевих рішень.

Показовою є ситуація зростання ВВП та обсягів викидів на фоні падіння вуглецевої інтенсивності ВВП, що спостерігалась після 1-го року війни у 2023 році. Це підтверджує збільшення зовнішнього джерела вуглецевого сліду України, спричиненого війною.

Аналіз кореляційного поля залежностей між різними парами показниками (Додаток М) підтвердив такі закономірності для України.

1. ВВП України має слабку міру кореляційного зв'язку з обсягом викидів, який генерує національна економіка, але демонструє сильний зв'язок з вуглецевою інтенсивністю ВВП. Це означає, що зростання ВВП України не обов'язково супроводжується значним збільшенням загального обсягу викидів, і навпаки. Більшу роль для України відіграють стрибки викидів в найбільш вуглецевоінтенсивних галузях (металургія, транспорт, енергетика), що впливає на вуглецеву інтенсивність ВВП.

2. Простежується чітка обернена залежність між обсягами викидів, доступом до електроенергії та % споживання відновлювальної енергії в Україні (рис. 5.8). Подібна тенденція характерна і для кількості користувачів інтернету.

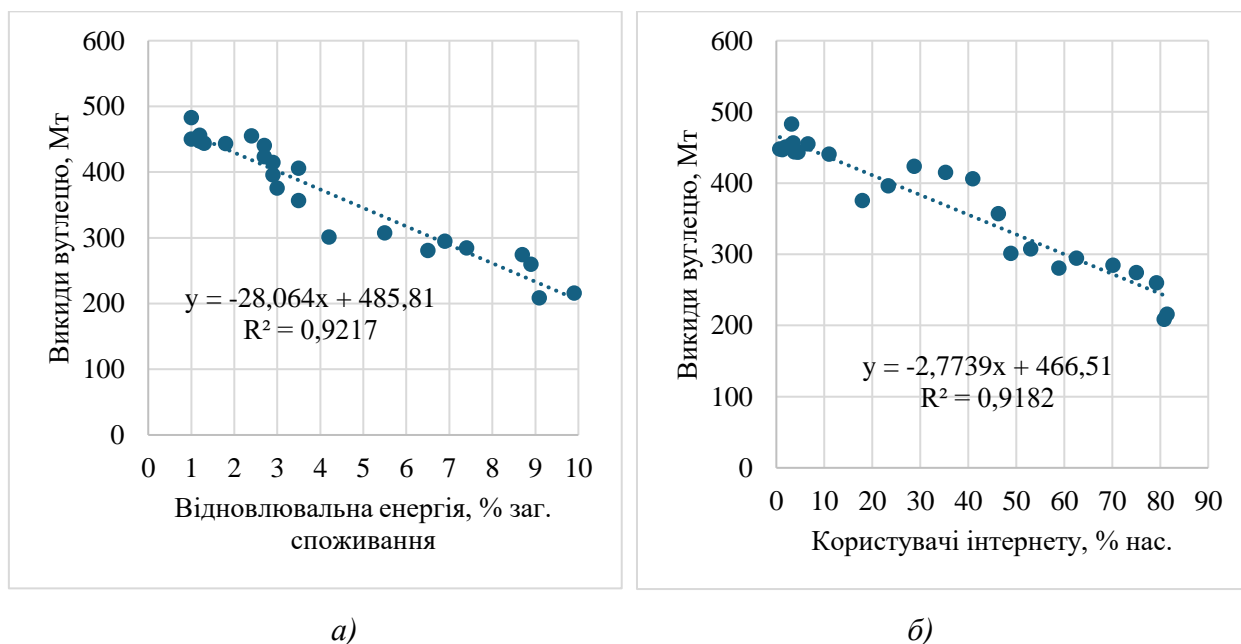


Рис. 5.8. Динаміка викидів під впливом різних факторів в Україні

Джерело: розраховано автором

Це свідчить про те, що стимулювання споживання відновлювальної енергії та збільшення доступу до неї позитивно впливає на зниження викидів. Фактично, збільшення споживання відновлювальної енергії на 1% в Україні сприяє зниженню викидів на 28,06 мегатон. Водночас, цифровий розвиток також є позитивним чинником зниження вуглецевого сліду економіки, зростання частки користувачів інтернету на 1% супроводжується зниженням викидів на 2,77 мегатон.

Багатофакторний аналіз дозволив врахувати вплив усіх факторів у сукупності та залишити найбільш значимі (Додаток М). Відтак, отримано лінійну регресійну модель факторів вуглецевого сліду економіки України.

$$Y_{\text{вик}} = 465,21 + 0,669 \cdot X_1 - 27,426 \cdot X_5 - 0,638 \cdot X_8$$

де $Y_{\text{вик}}$ - викиди вуглецю, Мт;

X_1 - ВВП, млрд дол.;

X_5 - Відновлювальна енергія, % заг. споживання енергії;

X_8 - абоненти мобільного стільникового зв'язку, на 100 осіб.

Фактори в отриманій регресійній моделі свідчать про комплексний вплив відібраних чинників, який пояснюється наступними міркуваннями. Зауважимо, що фактори було відсіяно з огляду на критерії їх значимості.

Фактор 1 - ВВП (X_1 , млрд дол., коефіцієнт 0,669), тобто зі збільшенням ВВП України на 1 млрд доларів викиди зростають у середньому на 0,669 мт при незмінності інших факторів моделі. Такий зв'язок свідчить про значну енергоємність української економіки. Економічне зростання супроводжується збільшенням промислової активності, транспортних перевезень та інших видів індустріальної діяльності.

Фактор 2 - відновлювальна енергія (X_5 , %, коефіцієнт -27,426), тобто зі збільшенням частки відновлюваної енергії в загальному споживанні на 1%, викиди скорочуються на 27,426 мт при незмінності інших факторів моделі. Цей вплив свідчить про важливість переходу до зеленої енергетики. Збільшення

частки відновлюваних джерел, таких як сонячна, вітрова чи гідроенергія, сприяє зменшенню використання викопного палива, що, відповідно, знижує викиди. Негативний коефіцієнт вказує на те, що декарбонізація енергетичного сектору має потенціал для значного скорочення викидів на рівні всієї національної економіки.

Фактор 3 - абоненти стільникового зв'язку (X8, на 100 осіб, коефіцієнт - 0,638), тобто зі збільшенням кількості мобільних абонентів на 1 людину на 100 осіб, викиди скорочуються на 0,638 мт при незмінності інших факторів моделі. Цей фактор відображає позитивний вплив диджиталізації на скорочення викидів. Припущенням щодо причин такого впливу є те, що диджиталізація у цілому сприяє оптимізації споживання ресурсів, переходу до електронних сервісів та скороченню викидів. Крім того, світі та в Україні спостерігається чітка кореляція між динамікою і кількістю абонентів стільникового зв'язку та рівнем доступу до мережі Інтернет.

Модель демонструє, що для України скорочення викидів вуглецю можливе через декарбонізацію енергетичного сектору та активізацію цифрової трансформації. Це дозволить послабити прямий зв'язок між економічним зростанням та викидами, забезпечуючи зростання ВВП без збільшення генерації вуглецю.

Однак, окрім розуміння внутрішніх факторів зниження вуглецевого сліду економіки України, необхідно забезпечити конвергентність цього процесу з іншими учасниками міжнародного простору.

Аналізуючи розподіл позицій країн навколо лінії конвергенції в моделях (Додаток К), пропонуємо виокремити класифікаційні області для розуміння позиції країни у моделі конвергенції.

Аналіз позиції України в побудованих раніше моделях світової конвергенції дозволяє оцінити її місце у загальній динаміці руху світової економіки до «чистого нуля» викидів (рис. 5.9).

Значний стрибок у розвитку	<i>Цифрові спринтери</i> <i>Україна (3,7; 75,4)</i>	<i>Цифрові гіганти</i>
Мінімальне (відсутнє) зростання	<i>Цифрові периферійники</i>	<i>Цифрові адаптери</i>
↑ →	Низький початковий рівень цифрового розвитку	Високий початковий рівень цифрового розвитку

а) за рівнем цифрового розвитку

Значний злет вуглецевої інтенсивності	<i>Нові забруднювачі</i>	<i>Кліматичні агресори</i>
Зниження викидів	<i>Україна (444; -235)</i> <i>Кліматичні маргінали</i>	<i>Кліматичні реформатори</i>
↓ →	Мінімальний початковий рівень викидів	Високий початковий рівень викидів

б) за темпами скорочення вуглецевого сліду

Рис. 5.9. Позиція України в моделях світової конвергенції

Джерело: побудовано автором

Можна сказати, що за досліджуваними показниками Україна рухається у фарватері світового конвергентного тренду цифрового розвитку, демонструючи себе як цифрового спринтера.

Водночас, за обсягами скорочення викидів Україна потрапила до групи кліматичних маргіналів (оцінка з 2015 року) та кліматичних реформаторів (оцінка з 1990 року) за рахунок того, що маючи високі показники вуглецевої інтенсивності на початку досліджуваного періоду, продемонструвала їх скорочення майже на 50%, починаючи з 1990 року. Однак, зважаючи на те, що для світової економіки характерним є дивергентний тренд розвитку, ці

показники зниження викидів потребують додаткового аналізу в контексті світових кліматичних політик та міжнародних домовленостей.

Враховуючи викладені у даному підрозділі міркування та результати квантитативного аналізу, сформовано такі складові стратегічної рамки досягнення кліматичної нейтральності економіки України на засадах диджиталізації:

1. Інфраструктурні засади цифрової трансформації (розвиток цифрової інфраструктури; цифрові платформи для моніторингу довкілля; інвестиції у великі дані та штучний інтелект);

2. Рефреймінг зеленого-цифрового переходу (промисловість 4.0 для декарбонізації виробництва; цифрові інновації в енергетиці; сталі транспортні системи; тощо);

3. Економічні стимули та фінансові інструменти для переходу до кліматичної нейтральності (подальший розвиток СТВ, підтримка кліматичних-цифрових проєктів та ініціатив; зелене фінансування);

4. Зміцнення нормативно-правової бази для цифрової та кліматичної інтеграції (політика з відкритих даних; міжнародна співпраця та адаптація стандартів ЄС);

5. Освітні ініціативи та розвиток цифрових навичок для забезпечення кліматичної нейтральності (навчання кадрів; підвищення екологічної свідомості населення про глобальний кліматичний виклик; програми перекваліфікації у сфері отримання цифрових компетенцій, зокрема у сфері зеленого переходу);

6. Моніторинг та оцінка ефективності цифрових-кліматичних ініціатив (платформи для збору зворотного зв'язку та адаптації політики).

7. Адаптаційні та мітигаційні кліматичні практики під час війни. Це потребує оцінки вуглецевого навантаження під час війни, планування екологічно сталого відновлення інфраструктури, оцінку і зменшення вуглецевого сліду військових операцій, міжнародну підтримку та фінансування відновлення.

5.2. Розвиток кліматичних політик та програм України-ЄС через диджиталізацію ключових напрямів

Глобальні кліматичні виклики постають перед людством як надзвичайно масштабна та комплексна проблема, що вимагає об'єднання зусиль усіх країн світу задля мінімізації негативного впливу більшості індустрій на екосистему планети та попередження руйнівних наслідків для економіки і суспільства. 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 [297]. Одним з вагомих чинників такого відставання є неузгодженість кліматичних політик на рівні окремих країн, регіонів та індустрій [457, 476].

В умовах інтеграційних процесів та розширення партнерства з Європейським Союзом розвиток кліматичних політик та програм України-ЄС набуває особливого значення. Використання інструментів диджиталізації стає вагомим чинником для забезпечення ефективного кліматичного регулювання, моніторингу екологічних показників та впровадження інноваційних рішень, спрямованих на досягнення кліматичної нейтральності.

Ці процеси набули особливого значення з моменту набуття Україною офіційного статусу кандидата на членство в ЄС у 2022 році та початку перемовин у 2023 році. Зазначимо, що питання клімату є наскрізним у перемовній рамці, особливо Кластера 4 «Зелений порядок та сталі об'єднання», що містить важливі питання трансформації енергетики, транспортної сфери, розвитку транс'європейських мереж, а також безпосередньо довкілля та зміни клімату. Розвиток цих питань є принциповим для успішного проходження перемовного процесу і потребує, у першу чергу, підтримки трансформаційних процесів національної системи господарювання.

Зазначимо, що раніше згідно з положеннями Угоди про асоціацію з ЄС, укладеної у 2014 році (із внесеними змінами у 2018 та 2021 роках), а також на підставі Угоди 2022 року про участь України в Програмі ЄС LIFE, уряд узяв на себе низку важливих зобов'язань, зокрема у сферах охорони довкілля та впровадження зеленої економіки, орієнтованої на принципи сталого розвитку. Цей вектор став наскрізним у формуванні євроінтеграційної політики.

У Звіті «Про виконання угоди про асоціацію між Україною та Європейським союзом» за 2023 акцентовано увагу на результатах 8-го засідання Кластера 4, що стосуються співробітництва у сфері енергетики, транспорту ядерних питань, зміни клімату та цивільного захисту [3]:

По-перше, стороні ЄС було надано вичерпну інформацію щодо руйнівних атак російської федерації, спрямованих на енергетичну та газову інфраструктуру України, а також акцентовано увагу на загрозах, які виникають у ядерній та екологічній сферах внаслідок окупації росією Запорізької АЕС.

По-друге, розглянуто проблематику синхронізації енергетичного сектора України з енергетичним ринком ЄС в частині реформи відновлюваної енергетики та підвищення енергоефективності будівель.

По-третє, оновлено інформацію щодо транспортних ініціатив ЄС у контексті Європейського Зеленого курсу, масштабів екологічної шкоди, завданої військовою агресією російської федерації, а також прогресу України у виконанні зобов'язань за Паризькою кліматичною угодою. Зокрема, обговорено перегляд Національно визначеного внеску України та розробку Національного плану з енергетики та зміни клімату.

Зазначимо, що ЄС також надає підтримку Україні у межах міжнародних договорів, зокрема про залучення технічної допомоги, відновлення та підтримки реформ, які стосуються захисту навколишнього середовища і стійкість до зміни клімату, а також цифровій трансформації.

У сучасному науковому дискурсі окреслено кілька ключових напрямів, які стосуються формування ефективних кліматичних політик Європейського Союзу та їх адаптації й реалізації в Україні.

Європейський Союз традиційно розглядається як авторитетна та потужна нормативна сила у формуванні й поширенні парадигми «зеленого» переходу серед країн, які є учасниками кліматичних домовленостей [162]. В Україні реалізація цього нарративу кліматичної політики ЄС здійснюється через механізми контагіозного, процедурного, інформаційного, нормативного та культурного впливу [30]. Особливу увагу приділяється секторальному впровадженню екологічних стандартів у ключові галузі національного виробництва, що визначено пріоритетним напрямом такої інтеграції [245]. Європейський Зелений курс розглядається як стратегічний орієнтир трансформації глобальних моделей споживання, а інтеграція кліматичних політик ЄС в Україні — як можливість диверсифікувати економіку, вийти на нові ринки «зеленої» продукції та відновлюваної енергетики [36].

У контексті глобального значення Європейського зеленого курсу, колектив науковців [374] проаналізував його вплив на формування ключових макроекономічних показників у різних регіонах світу. Дослідники відзначають, що реалізація мети досягнення нульових викидів світовою економікою до 2050 року спричинить масштабну індустріальну трансформацію, супроводжувану значними втратами серед великих бізнес-гравців через скорочення «брудних» виробництв. Водночас деякі автори ставлять під сумнів досяжність повної декарбонізації економіки ЄС до 2050 року, акцентуючи на ризиках затримки цього процесу для світової економіки. Відтермінування ключових кліматичних цілей може спровокувати незворотні зміни клімату, що, у свою чергу, може стати каталізатором глобальної боротьби за обмежені природні ресурси [270, 149].

Зазначимо, що сучасна світова кліматична політика ґрунтується на багаторівневій взаємодії між різними суб'єктами міжнародних відносин. Її основою є розробка та впровадження комплексної системи заходів, інструментів і стратегічних програм, спрямованих на мінімізацію негативного впливу людської діяльності на клімат. До ключових пріоритетів належать регулювання викидів парникових газів, перехід на енергоефективні технології, а також розвиток і впровадження відновлюваних джерел енергії.

Для України важливо враховувати, що сучасна кліматична політика ЄС спирається на цілий комплекс нормативних документів, програм та комюніке. Ключовими віхами у формуванні сучасної кліматичної політики Європейського Союзу стали Паризька кліматична угода 2015 року, комплексна програма Європейського зеленого курсу 2019 року, нова Індустріальна стратегія ЄС 2020 року та Дорожня карта кліматичної нейтральності ЄС 2021 року. Важливу роль у зміцненні кліматичної політики відіграло ухвалення «Європейського кліматичного закону», затвердженого Європарламентом та Радою Європейського Союзу у квітні 2021 року. Цей нормативний акт встановлює досягнення кліматичної нейтральності економіки ЄС до 2050 року як центральну мету європейської політики. Закон також передбачає створення нормативно-правових механізмів, спрямованих на поступове скорочення викидів парникових газів у всіх галузях економіки, забезпечуючи цілісність і послідовність дій у реалізації кліматичних зобов'язань.

Аналіз зазначених програм і документів свідчить про поступове, але послідовне зміщення акцентів у європейській кліматичній політиці — від декларативних заяв до впровадження конкретних регуляторних механізмів, чітких критеріїв і показників результативності. Центральною ідеєю цих змін став принцип «забруднювач платить», який однаково застосовується як до країн-членів ЄС, так і до його економічних партнерів. Цю тенденцію підтверджують раніше запроваджені кліматичні ініціативи, зокрема програми

«20-20-20», «Зимовий пакет» і «Чиста енергія для всіх європейців». Вони передбачили конкретні нормативи для скорочення викидів парникових газів і збільшення використання відновлюваної енергії всіма учасниками європейського економічного простору, сприяючи поступовій трансформації енергетичного та промислового секторів.

У цьому контексті варто окремо відзначити програмний пакет «Fit for 55», який представляє собою радикальний підхід до розширення кліматичних стандартів на всі індустріальні сектори ЄС. Цей пакет визначає нову концепцію соціально-економічного розвитку, орієнтовану на досягнення кліматичної нейтральності. Він включає комплекс заходів, спрямованих на скорочення викидів парникових газів на 55% до 2030 року та досягнення нульового рівня викидів до 2050 року [216].

Аналіз програмного документа «Fit for 55» дозволив визначити ключові напрями, які формуватимуть кліматичну політику Європейського Союзу в найближчому десятилітті. Реалізація пакету закладає підґрунтя для фундаментальних змін, орієнтованих на скорочення викидів парникових газів, підвищення ефективності використання ресурсів та поступову екологічну модернізацію усіх галузей економіки у напрямку кліматичної нейтральності.

По-перше, посилення вимог до енергоефективності та створення основ водневої економіки стали центральними пріоритетами. Відповідно до затверджених показників, щорічне скорочення енергоспоживання в країнах ЄС має становити 1,5%, тоді як мінімум 3% загального житлового фонду та будівельної інфраструктури підлягатимуть модернізації, спрямованій на підвищення енергоефективності. Це дозволить не лише оптимізувати використання енергії, але й створити умови для впровадження інноваційних технологій у будівельному секторі.

По-друге, радикальна трансформація автомобільної галузі передбачає поступову відмову від традиційних двигунів внутрішнього згоряння на

користь електродвигунів та альтернативних водневих технологій. Документ встановлює амбітну ціль — повне припинення продажів бензинових і гібридних автомобілів до 2035 року. Водночас «Fit for 55» передбачає суттєве розширення інфраструктури для електромобілів та адаптацію мереж дистрибуції палива, що стане основою для довгострокових змін у транспортному секторі.

По-третє, система торгівлі викидами буде поширена на всі види транспорту, включаючи судноплавство та авіацію, які раніше уникали суворих регуляторних обмежень. Розширення цієї системи стане потужним стимулом для екологізації транспортного сектору, проте також матиме вплив на логістичні ланцюги та міжнародну торгівлю через підвищення вартості вантажних перевезень.

По-четверте, суттєве підвищення податкового навантаження на викиди передбачає впровадження механізму вуглецевого коригування імпорту СВАМ. Цей інструмент орієнтований на створення додаткових податкових зобов'язань для учасників європейського ринку за вуглецевий слід їхньої продукції. СВАМ встановлює обов'язок імпортерів сплачувати додаткові збори за ввезення продукції, яка не відповідає системі вуглецевих норм ЄС, зокрема за «екологічно брудні» товари. Першочергово механізм поширюється на найбільш екологічно виснажливі галузі, включаючи металургію (виробництво заліза та сталі), цементну промисловість, виробництво добрив і енергетичний сектор. Моніторинг викидів таких виробників стартує наприкінці 2023 року, а початок стягнень заплановано на початок 2026 року.

По-п'яте, заохочення політики фінансової підтримки та розширення її джерел є ще одним стратегічним напрямом програми «Fit for 55». Враховуючи значні обсяги фінансових ресурсів, необхідних для реалізації запланованих ініціатив, ключовою інновацією програми стало створення нового Громадського фонду боротьби зі зміною клімату. Цей фонд акумулюватиме

матеріальну допомогу європейським учасникам ринку через механізми соціальної відповідальності та нові емісійні повноваження.

Паралельно з цим ЄС передбачає масштабування діючих фінансових інструментів, таких як Фонд інновацій і Фонд модернізації. Джерелами їхнього фінансування стануть кошти, отримані від стягнень за механізмом СВМ, а також доходи від продажу дозволів на викиди. Таким чином, фінансова база для кліматичної трансформації посилюватиметься за рахунок як внутрішніх, так і зовнішніх ресурсів, що забезпечить реалізацію амбітних цілей програми.

Вказані пріоритети сучасної кліматичної політики ЄС формують значні виклики для національних економік як країн-членів Союзу, так і країн-партнерів. Основна складність полягає у необхідності проведення високотехнологічної трансформації ключових секторів індустрії, особливо в ресурсозалежних та енергоємних галузях. У цьому контексті кліматична політика ЄС тісно пов'язана з реалізацією програм цифрового розвитку, таких як «Цифрова Європа» та «Зелені дані ЄС», які стають важливими інструментами забезпечення екологічної модернізації.

Ключовим імперативом такої інтеграції є створення транскордонних інформаційних потоків, цифрових платформ, продуктів і сервісів, що спрямовані на підвищення ефективності впровадження кліматичних ініціатив. Ці цифрові механізми не лише покращують управління кліматичними проектами, але й стають інструментом підсилення економічного та репутаційного впливу.

Водночас використання таких цифрових комунікаційних платформ відкриває можливість застосування потужного важеля публічного тиску у формі «неймінг-шеймінгу» компаній, які ігнорують екологічні стандарти та принципи відповідального ведення бізнесу. Це, у свою чергу, створює додаткові репутаційні та операційні ризики для бізнесу в країнах-партнерах, для яких адаптація до стандартів кліматичної нейтральності ЄС залишається

складним і ресурсозатратним завданням. Таким чином, цифрова складова кліматичної політики ЄС стає не лише технологічним, але й економічним та соціальним інструментом, що підсилює її ефективність і вплив.

Для України всі окреслені тренди кліматичної політики Європейського Союзу слугують важливим орієнтиром у формуванні національного курсу кліматичного регулювання та стратегічного розвитку економіки. Ці тенденції мають значення не лише в контексті євроінтеграційних процесів, але й як основа для закладання фундаменту зеленого повоєнного відновлення країни.

Після ратифікації Паризької кліматичної угоди у 2016 році Україна активно інтегрує досвід міжнародних домовленостей у сфері боротьби зі зміною клімату. Це підтверджується впровадженням низки стратегічних документів і програм, серед яких: «Національний план дій з енергоефективності на період до 2030 року», «Концепція енергетичної стратегії України на період до 2035 року» та «Національна стратегія екологічної безпеки та адаптації до зміни клімату на період до 2030 року».

Зазначені документи тісно відображають ідеї та принципи Європейського зеленого курсу, формуючи загальну концепцію розвитку України з урахуванням екологічних імперативів. Їхня реалізація сприяє створенню стійкої економіки, здатної адаптуватися до глобальних кліматичних викликів, інтегруватися до європейського економічного простору та забезпечувати довгостроковий екологічний баланс. Важливим кроком є ухвалення Закону України «Про засади моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів» та розробка «Стратегії низьковуглецевого розвитку України до 2050 року». Ці документи закладають основу для створення системи торгівлі квотами на викиди парникових газів, що є ключовим елементом у розвитку кліматично-нейтральної економіки та інтеграції в європейський простір.

Зазначені ініціативи є особливо актуальними у контексті запланованого введення механізму вуглецевого коригування імпорту (СВАМ) з 2026 року, що

вимагатиме від українських виробників відповідності європейським кліматичним стандартам.

Імплементація механізму вуглецевого коригування імпорту СВАМ матиме безпосередній вплив на ключові галузі української економіки, зокрема на виробників сталі, чавуну, хімічних добрив та електроенергії. Ці сектори є провідними драйверами економічного зростання країни, однак їхня діяльність характеризується високою вуглецевою інтенсивністю, що робить їх об'єктами суворого регулювання та додаткового податкового навантаження, пов'язаного з вуглецевим слідом продукції.

Аналітичні оцінки свідчать про те, що інтеграція СВАМ спричинить значне фінансове навантаження для українських виробників сталі та чавуну. Зокрема, додаткові витрати через цей механізм можуть становити від 300 до 900 млн євро на рік за умови обсягів постачання 5,5 млн тонн продукції. Вартість викидів вуглекислого газу, що використовується для розрахунку податкових зобов'язань, прогнозується в діапазоні 25–75 євро за тонну CO₂. З огляду на високу залежність українських експортерів від європейського ринку, впровадження СВАМ створює значні виклики для національної економіки. Ці виклики потребують невідкладного реагування у формі модернізації виробничих процесів, зниження вуглецевої інтенсивності продукції та адаптації до нових екологічних стандартів ЄС, щоб зберегти конкурентоспроможність на міжнародних ринках. [23].

Важливо підкреслити, що, з огляду на довоєнний потенціал української промисловості, гірничо-металургійна продукція становила 85% експорту України серед товарів, що підпадають під дію механізму СВАМ, та забезпечувала 11% загального експорту країни до Європейського Союзу. Така частка вказує на критичну залежність національної економіки від цих галузей у контексті європейських ринків.

Ураховуючи військово-політичну ситуацію, вплив механізму СВAM на початковому етапі його впровадження, імовірно, не матиме значного негативного ефекту на позиції українських виробників сталі порівняно з конкурентами з росії та Китаю. Проте у стратегічній перспективі низький рівень декарбонізації виробництва може стати істотним викликом для українських експортерів.

По-перше, високий вуглецевий слід продукції призведе до значного фінансового тягара через додаткові витрати на вуглецеві збори. По-друге, недотримання стандартів кліматичної відповідальності може створити серйозні репутаційні ризики, що ускладнить доступ до європейських ринків, які дедалі більше орієнтуються на екологічні критерії у міжнародній торгівлі.

Таким чином, забезпечення конкурентоспроможності української промислової продукції в умовах впровадження СВAM потребує прискореної модернізації виробничих процесів, впровадження технологій декарбонізації та інтеграції принципів кліматичної відповідальності в стратегії розвитку сектору.

Аналіз кліматичних політик Європейського Союзу та України в аспекті їх інтеграції та виконання зобов'язань, передбачених міжнародними кліматичними угодами, свідчить про те, що ключовим індикатором ефективності цих заходів є обсяг викидів парникових газів, які генеруються національними індустріями. Цей показник виступає не лише основою для оцінки поточних результатів, але й визначальним фактором для прогнозування перспектив досягнення кліматичних цілей.

Моделювання динаміки викидів парникових газів у Європейському Союзі та Україні за різними сценаріями декарбонізації економіки виявило суттєві розбіжності між їхньою траєкторією скорочення викидів. Зокрема, результати показали, що навіть за оптимістичних умов реалізації декарбонізаційних стратегій ЄС стикається зі значними викликами щодо досягнення цілей

Паризької кліматичної угоди у встановлені часові межі — до 2030 та 2050 років (рис. 5.10, 5.11).

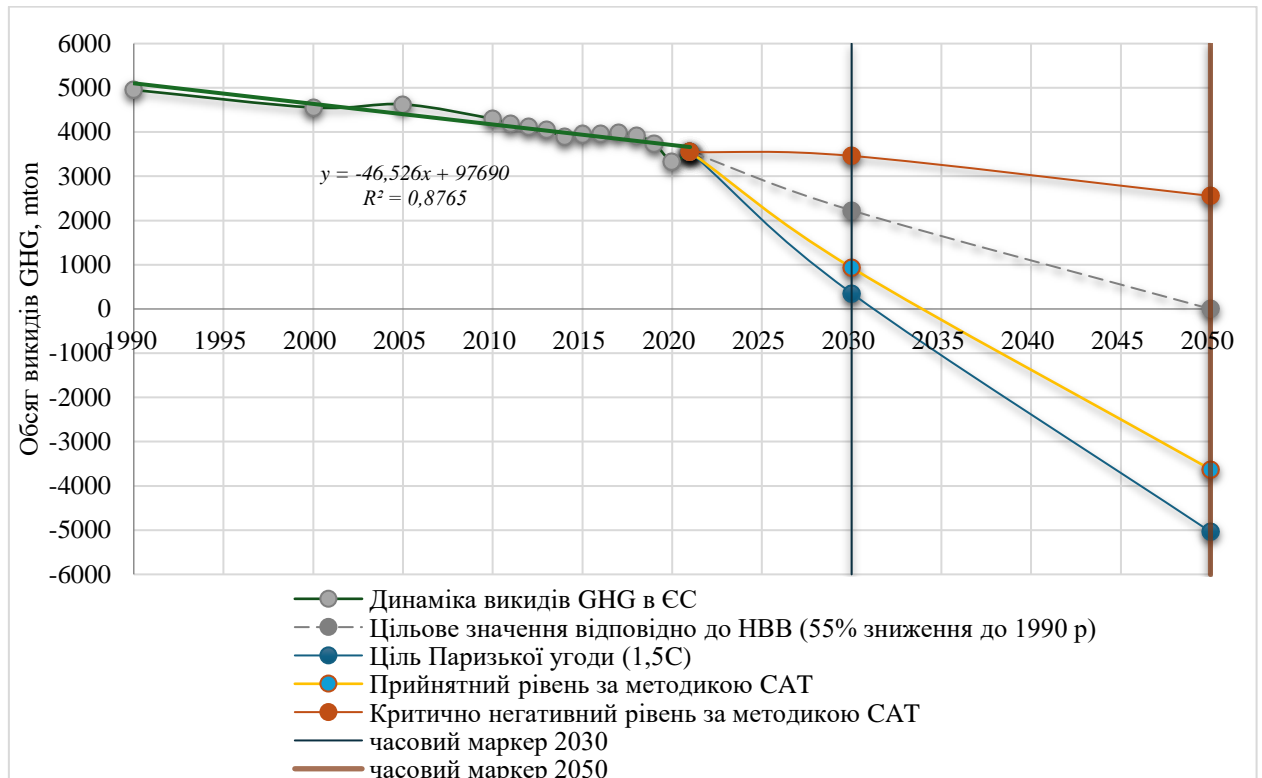


Рис. 5.10. Динаміка досягнення кліматичної нейтральності економіки ЄС

Джерело: побудовано автором з використанням статистичних даних [145, 2]

Економіка Європейського Союзу демонструє стабільний прогрес у напрямку досягнення кліматичної нейтральності, однак наявна суттєва розбіжність між фактичними темпами скорочення викидів парникових газів та амбітними цілями, визначеними Паризькою кліматичною угодою. Це викликає сумніви щодо можливості досягнення встановлених норм декарбонізації економіки у регламентовані часові рамки — до 2030 та 2050 років.

Для утримання приросту глобальної температури в межах 1,5°C від доіндустріального рівня, як це передбачено Паризькою угодою, необхідна значно жорсткіша кліматична політика. Вона повинна включати суворіші обмеження на викиди, підвищення енергоефективності та активніше впровадження технологій відновлюваної енергетики.

Нині реалістичнішим видається курс ЄС, відповідно до якого передбачено скорочення викидів на 55% до 2030 року (порівняно з рівнем 1990 року, що відповідає 37,2% зниження відносно 2021 року) та досягнення нульового рівня до 2050 року. Проте навіть такі темпи є недостатніми для запобігання незворотним екологічним наслідкам. Сучасний рівень індустріальної діяльності, особливо у високовуглецевих секторах, продовжує підтримувати темпи глобального потепління, які перевищують необхідний діапазон.

На думку експертів міжнародної кліматичної організації Climate Action Tracker (CAT), досягнення нульового рівня викидів до 2050 року є лише базовою вимогою. Для забезпечення стійкості кліматичної системи ЄС повинен продемонструвати від'ємну динаміку викидів, що включатиме не лише впровадження "зелених" технологій у виробництві, але й активізацію процесів абсорбції парникових газів із навколишнього середовища.

Терміновість впровадження такої політики пояснюється високим рівнем відповідальності ЄС, який разом із США та Китаєм входить до трійки найбільших виробників у світі та, відповідно, одних із провідних генераторів вуглецю. Це покладає на ЄС особливу роль у забезпеченні глобального лідерства у боротьбі зі зміною клімату та стимулюванні інших країн до впровадження амбітних кліматичних стратегій.

Для досягнення необхідного темпу декарбонізації, кліматична політика ЄС повинна забезпечити скорочення викидів на 73% до 2030 року (порівняно з рівнем 2021 року). До 2050 року рівень компенсації вуглецю шляхом абсорбції з екосистеми має досягати близько -3600 мегатонн на рік — еквівалента обсягу, який індустрії ЄС продукують сьогодні. Це означає, що економіка ЄС повинна зменшити свій вуглецевий слід майже у чотири рази за найближчі 8 років, що вимагає щорічного скорочення викидів на 327 мегатонн.

Натомість, аналіз динаміки останнього десятиріччя показує, що середній темп скорочення викидів в ЄС становить лише 46,5 мегатонн на рік — усемеро менше, ніж потрібно для досягнення кліматичних цілей. Ці показники свідчать про необхідність впровадження радикальних інструментів для прискорення кліматичних змін.

У цьому контексті цифрова трансформація індустрії виступає потужним драйвером глобальної декарбонізації. Інтеграція цифрових технологій сприяє підвищенню ефективності використання ресурсів, зростанню енергоефективності виробництва, зменшенню викидів парникових газів та впровадженню нових методів їх абсорбції. Крім того, цифровізація створює можливості для формування єдиного інформаційного простору, який дозволить узгоджувати зусилля країн у боротьбі зі зміною клімату та підвищувати прозорість кліматичних процесів.

Окремим вагомим фактором є високий потенціал розвитку цифрової економіки. За оцінками експертів, Індустрія 4.0 в ЄС демонструватиме щорічне зростання на рівні 16,5% до 2030 року [84]. Така динаміка створює фундамент для впровадження інноваційних рішень, які сприятимуть прискоренню кліматичних змін, забезпечуючи зниження вуглецевого сліду та створення умов для сталого розвитку.

В Україні динаміка викидів парникових газів і результати впровадження кліматичних політик демонструють відмінний характер порівняно з тенденціями, що спостерігаються в Європейському Союзі. Ці відмінності обумовлені специфічними економічними, соціальними та політичними умовами, які впливають на структурні зміни в індустріальному секторі та на ефективність реалізації кліматичних заходів. По аналогії з ЄС Динаміка є наступною (рис. 5.11).

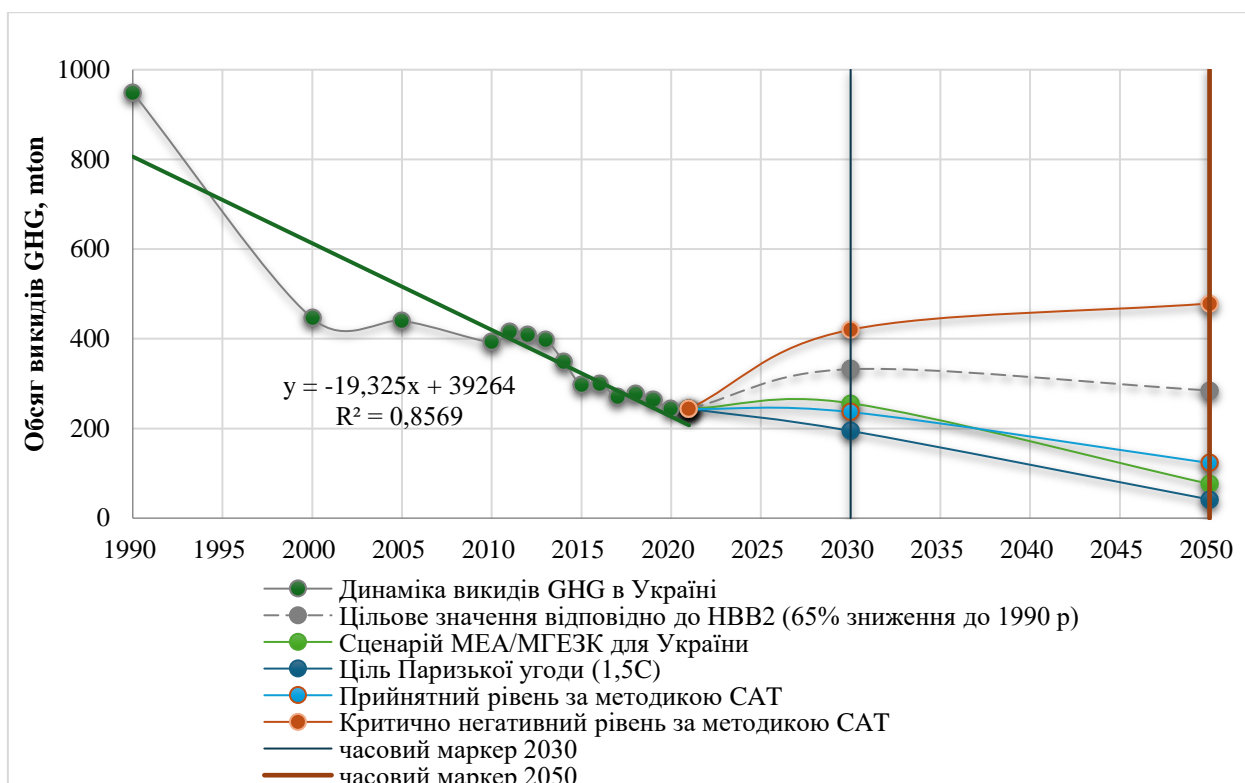


Рис. 5.11. Динаміка досягнення кліматичної нейтральності економіки України

Джерело: побудовано автором з використанням статистичних даних [145, 2]

В Україні спостерігається помітна тенденція до скорочення обсягів викидів парникових газів, однак ця динаміка значною мірою зумовлена історичними та геополітичними чинниками, а не ефективністю впровадження сучасних інструментів кліматичної політики. Зокрема, падіння виробничих обсягів після розпаду Радянського Союзу, економічні кризи 2008 та 2014 років, а також масштабне зниження економічної активності через повномасштабну війну, яка розпочалася 24 лютого 2022 року, спричинили суттєве скорочення вуглецевого сліду української індустрії. Ці фактори значною мірою пояснюють зниження викидів, яке відбувалося внаслідок зменшення масштабів економічної діяльності, а не через структурні реформи чи активну декарбонізацію.

Аналіз кліматичної політики України виявляє її суперечливість та невідповідність темпам скорочення викидів, необхідним для досягнення глобальних кліматичних цілей, визначених міжнародними угодами. У 2021 році Україна затвердила другий національно визначений внесок (НВВ2), який передбачає скорочення викидів на 65% відносно рівня 1990 року, тобто до рівня 330 мегатонн на рік до 2030 року. Однак цей рівень вже був досягнутий у 2016 році, на момент підписання Паризької кліматичної угоди, коли обсяги викидів становили 300,3 мегатонн на рік. У наступні роки цей показник продовжував поступово знижуватися і досяг 243 мегатонн у 2021 році.

Таким чином, чинна національна програма кліматичної нейтральності фактично допускає потенційне збільшення обсягів викидів на 36% протягом найближчих восьми років, що суперечить ключовим принципам глобальної кліматичної політики та завданням зі скорочення парникових газів. Така ситуація підкреслює необхідність перегляду стратегій національної кліматичної політики з урахуванням вимог світової спільноти та реалізації амбітніших підходів до декарбонізації економіки.

Такий парадоксальний розрив у кліматичній політиці України можна пояснити очікуваннями щодо майбутнього економічного зростання після завершення війни. Зокрема, прогнозується стрімке зростання ВВП, яке підкріплюватиметься програмами підтримки Європейського Союзу. Це зростання, ймовірно, супроводжуватиметься масштабуванням діяльності у ключових енергоємних галузях, таких як металургія, транспорт і будівництво. Проте, для забезпечення сталого розвитку це індустріальне зростання має бути орієнтоване на впровадження «зелених» технологій і принципів кліматичної нейтральності. Такий підхід дозволить Україні не лише утримати досягнуті темпи декарбонізації, які наразі становлять 19,3 мегатонни на рік, але й інтегруватися у світові кліматичні стандарти.

Рекомендації щодо цього підходу підтверджуються розрахунками цільових показників викидів, розробленими Міжнародною енергетичною агенцією (ІЕА) спільно з Міжурядовою групою експертів з питань змін клімату (ІРСС). Відповідно до цього сценарію, Україна до 2030 року має утримати рівень викидів на позначці 2021 року — 256,2 мегатонни на рік, а до 2050 року забезпечити їх поступове скорочення на 90%.

Цей підхід вимагає системних зусиль для впровадження низьковуглецевих технологій, підвищення енергоефективності у промисловості та розвитку відновлюваних джерел енергії. Лише за умови реалізації таких заходів Україна зможе не лише адаптувати своє економічне зростання до глобальних кліматичних стандартів, але й зробити вагомий внесок у досягнення цілей Паризької кліматичної угоди.

Зважаючи на зазначені виклики, виникає нагальна потреба в інтенсифікації заходів національної кліматичної політики та орієнтації вітчизняного кліматичного курсу на жорсткіші критерії обсягів викидів парникових газів. Такий підхід обґрунтований розрахунками необхідного рівня скорочення викидів для національної економіки за двома основними сценаріями:

1) Ціль Паризької угоди — передбачає досягнення рівня викидів 194,5 мегатонн на рік до 2030 року, що відповідає скороченню на 79,5% порівняно з рівнем 1990 року.

2) Підхід САТ — встановлює ціль на рівні 236,5 мегатонн на рік до 2030 року, що еквівалентно скороченню на 75% порівняно з рівнем 1990 року.

На цьому тлі чинний другий національно визначений внесок (НВВ2), який закладає скорочення викидів на 65% від рівня 1990 року, виглядає недостатньо амбітним. Для відповідності кліматичній політиці Європейського Союзу та глобальному курсу на досягнення кліматичної нейтральності, цей показник має бути переглянутий у бік збільшення щонайменше до 75%.

Підвищення національних зобов'язань України щодо скорочення викидів парникових газів є не лише кроком до інтеграції в європейський кліматичний простір, але й ключовою умовою для відповідності сучасним вимогам глобальної кліматичної політики. Цей підхід дозволить Україні зміцнити свою позицію як надійного партнера у виконанні міжнародних кліматичних угод, сприяючи сталому розвитку в умовах дедалі серйозніших викликів, пов'язаних зі зміною клімату.

Аналіз отриманих результатів підкреслює нагальну необхідність посилення і прискорення реалізації кліматичних заходів. Для Європейського Союзу це означає впровадження більш жорстких регуляторних механізмів, зокрема розширення системи торгівлі викидами (ETS), активізацію програм підтримки інновацій у сфері відновлюваної енергетики, а також підвищення енергоефективності в промисловості. Ці заходи спрямовані на забезпечення досягнення амбітних кліматичних цілей і збереження глобального лідерства в екологічній трансформації. Для України цей виклик є ще складнішим, оскільки він охоплює не лише необхідність суттєвого скорочення власних викидів для відповідності європейським стандартам, але й створення сприятливих умов для інтеграції у європейський ринок у рамках таких механізмів, як СВМ. Це завдання вимагає проведення глибоких структурних реформ у промисловості, модернізації енергетичного сектору із залученням низьковуглецевих технологій та посилення міжнародного співробітництва. Особливу увагу слід приділити залученню фінансових і технологічних ресурсів, необхідних для декарбонізації, а також розвитку міжнародного партнерства для забезпечення підтримки в реалізації кліматичних проєктів. Стратегічний акцент на «зелені» технології, енергоефективність і інтеграцію в глобальні екологічні стандарти є фундаментом для сталого економічного розвитку України та її гармонійного включення у світову кліматичну політику.

Аналіз результативності кліматичної політики України та ЄС у контексті їх інтеграції виявляє такі основні перешкоди:

- нерівномірний розвиток технологій та інфраструктури;
- обмежені ресурси для впровадження спільних політик;
- відмінності у стандартах та підходах до забезпечення екологічної безпеки;
- різний рівень розвитку системи кліматичного управління та моніторингу на державному і галузевому рівнях;
- недостатнє усвідомлення кліматичних викликів серед учасників економіки та населення;
- різниця у фінансових інструментах, доступних для забезпечення «зеленого» переходу;
- невідповідність у стандартизації нормативно-правового забезпечення кліматичних політик;
- несприятливий інвестиційний клімат в Україні;
- геополітична нестабільність;
- наслідки війни.

Диджиталізація виступає важливим інструментом для подолання інтеграційних бар'єрів України та ЄС у сфері кліматичної політики шляхом впровадження сучасних цифрових рішень. Найбільш актуальні напрямки для України такі:

1. Системи моніторингу та аналізу кліматичних даних. Використання датчиків, дронів та супутникових технологій для збору і аналізу даних про зміни клімату, обсяги викидів парникових газів у розрізі окремих індустрій і регіонів України та ЄС.

2. Застосування концепції «великих даних». Використання Big Data для оцінки поточного стану кліматичних змін, їхньої динаміки та прогнозування наслідків.

3. Інформаційні платформи та дослідницькі кластери. Створення спільних платформ та кластерів для розробки інновацій у сфері енергоефективності, відновлюваної енергетики та інших галузей, спрямованих на скорочення викидів. Використання штучного інтелекту для підвищення енергоефективності будівель та оптимізації енергоспоживання.

4. Цифрові інструменти кліматичної дипломатії та комунікацій. Розвиток веб-платформ, мобільних додатків та інших цифрових рішень для залучення громадськості до процесу прийняття рішень і підвищення обізнаності учасників економіки про можливості зеленої трансформації.

5. Цифрова освіта та наукові програми. Розвиток спільних освітніх і наукових програм у сфері кліматичного управління для подолання ресурсного розриву та формування екологічного мислення.

6. Цифровізація фінансового та державного секторів. Використання FinTech та GovTech для забезпечення прозорості взаємодії у спільних інвестиційних програмах, спрямованих на боротьбу зі зміною клімату.

7. Уніфікація систем моніторингу та звітування. Взаємне визнання систем моніторингу та звітності про кліматичні зміни, впровадження в Україні інформаційного забезпечення екологічного моніторингу відповідно до стандартів ЄС, створення єдиної цифрової нормативно-правової платформи.

8. Спільна система торгівлі викидами. Розробка електронної системи для торгівлі квотами на викиди парникових газів, з акцентом на продукцію, що підпадає під механізм СВМ.

Комплексне застосування цих цифрових інструментів сприятиме підвищенню ефективності кліматичних політик, інтеграції України до європейського кліматичного простору та спільній реалізації цілей декарбонізації.

Гармонійний розвиток цифрових ініціатив у сфері кліматичної політики України та ЄС підтримується спільними програмами та угодами. Однією з

ключових є Угода між Україною та Європейським Союзом про участь України у програмі ЄС «Цифрова Європа» (2021–2027) [16]. Цей документ створює підґрунтя для інтеграції України у програму, яка відкриває нові можливості для цифрової трансформації пріоритетних секторів економіки та суспільного життя. Програма «Цифрова Європа» передбачає підтримку розвитку цифрової економіки, IT-бізнесу, штучного інтелекту, а також сприяє підвищенню цифрових навичок громадян. Її реалізація стимулює приєднання України до Єдиного цифрового ринку ЄС, зокрема через отримання режиму внутрішнього ринку у сфері електронних комунікаційних послуг та поступову інтеграцію в цифровий простір Євросоюзу. Крім того, «Цифрова Європа» передбачає суттєву фінансову підтримку з боку ЄС у розмірі 7,5 млрд євро на період семи років. Фінансування розподіляється за п'ятьма основними напрямками: суперкомп'ютери (для посилення обчислювального потенціалу); штучний інтелект (для розвитку інновацій у різних галузях економіки); кібербезпека (для забезпечення безпечного цифрового середовища); цифрові навички (для підготовки кваліфікованих кадрів у сфері цифрових технологій); широке використання цифрових технологій (для інтеграції новітніх технологій у різні сектори економіки та суспільства).

Участь України у цій програмі дозволяє не лише прискорити власну цифрову трансформацію, але й забезпечити інтеграцію у європейський цифровий простір, підвищуючи конкурентоспроможність і стійкість до глобальних викликів. Розглянемо напрямки розгортання програми детальніше в синергії з реалізацією задач кліматичного регулювання:

1. Високопродуктивний комп'ютинг. Високопродуктивні обчислення дозволяють аналізувати великі масиви кліматичних даних, моделювати сценарії зміни клімату та розробляти оптимальні стратегії адаптації та пом'якшення наслідків. Це включає прогнозування екстремальних погодних явищ, розрахунок ефективності заходів з декарбонізації та оцінку

довгострокових економічних ризиків. Без цього інструменту неможливо розробити комплексні рішення, необхідні для досягнення кліматичної нейтральності.

2. Штучний інтелект (ШІ), великі дані, хмарні послуги. ШІ та хмарні технології є потужними інструментами для оптимізації процесів управління ресурсами, зниження енерговитрат та підвищення ефективності. ШІ може допомогти аналізувати дані про викиди, виявляти джерела неефективності у виробничих процесах і розробляти індивідуальні рекомендації для їх усунення. Хмарні послуги забезпечують доступ до великих обсягів даних, сприяючи координації кліматичних дій між різними країнами та секторами економіки.

3. Інформаційні технології в економіці та суспільстві. Інтеграція цифрових рішень у різні сфери — бізнес, урядування, освіту та охорону здоров'я — дозволяє скоротити викиди через цифровізацію документів, оптимізацію ланцюгів постачання, впровадження Smart City технологій і підвищення ефективності інфраструктури. Наприклад, електронне урядування скорочує витрати паперу та енергії, а технології розумного міста сприяють енергоефективності в транспорті та будівництві.

4. Цифрові навички. Розвиток цифрових навичок є критичним для підготовки фахівців, здатних реалізовувати інноваційні проекти, зокрема в галузях ШІ, кібербезпеки та квантових технологій. Освітні програми забезпечують людський капітал, необхідний для впровадження цифрових рішень, які сприяють декарбонізації та сталому розвитку.

5. Кібербезпека. Цей напрям є важливим компонентом для захисту критичної інфраструктури, зокрема енергетичних систем і баз даних про викиди. Надійний захист цифрових платформ і мереж є ключовим для забезпечення безперервної роботи кліматичних і цифрових ініціатив, які залежать від безпечного обміну інформацією та доступу до даних.

Окреслені програмні напрями безпосередньо підтримують реалізацію кліматичних політик через диджиталізацію, інтеграцію інновацій та розвиток технологічних компетенцій.

У контексті сучасних трансформацій важливо відзначити значущість ініціативи EU4Digital, спрямованої на підтримку цифрової трансформації та гармонізацію цифрових ринків у державах, що беруть участь у спільній політичній ініціативі Східного партнерства. У рамках цієї програми Європейський Союз реалізує комплекс заходів, які включають зниження тарифів на роумінг, розвиток високошвидкісного широкосмугового інтернету для стимулювання економічного зростання, впровадження інноваційних електронних послуг, координацію зусиль у сфері кібербезпеки та гармонізацію цифрових регуляторних рамок у різних сферах суспільного життя — від логістики до охорони здоров'я. Ініціатива також сприяє підвищенню кваліфікації населення та створенню нових робочих місць у цифрових галузях.

Значущим аспектом цієї ініціативи є інтеграція принципів сталої диджиталізації та інклюзивності. Вона спрямована на усунення бар'єрів для загальноєвропейських онлайн-сервісів, забезпечуючи громадянам, державним установам і бізнесу доступ до якісних електронних послуг за конкурентоспроможними цінами та з розширеним вибором. Крім того, EU4Digital створює передумови для реалізації інвестиційних проєктів у сфері цифрової трансформації, що є складовою частиною Економічного та інвестиційного плану для країн Східного партнерства. Нині Україна зацікавлена у розробці зазначених інструментів, враховуючі євроінтеграційні прагнення, перспективи повоєнного відновлення та посилення економічного партнерства з ЄС, що все більше посилює важелі кліматичного тиску на виробників.

З цією метою можна запропонувати такий побудову цифрового каркасу кліматично-нейтральної економіки в Україні за напрямками.

Таблиця 5.2

Цифрові технології у забезпеченні кліматичної нейтральності

Цифрова технологія	Задачі сучасної індустрії, які вона вирішує	Вплив на кліматичну нейтральність
Штучний інтелект (AI)	Оптимізація виробничих процесів, аналіз даних	Зниження використання ресурсів, зменшення викидів
Інтернет речей (IoT)	Моніторинг та управління обладнанням в реальному часі	Збільшення енергоефективності, віддалений контроль за викидами
Хмарні обчислення	Забезпечення масштабованості, зменшення IT-інфраструктури на місцях	Зменшення споживання електроенергії інфраструктурою
Великі дані (Big Data)	Аналіз та прогнозування виробничих потреб	Оптимізація споживання ресурсів та виробничих потужностей
Блокчейн	Забезпечення безпеки та прозорості поставач	Зниження енергоспоживання за рахунок ефективності ланцюгів поставок
Автоматизовані роботи та дрони	Автоматизація виробництва та логістики	Зниження викидів через ефективнішу логістику і менше використання транспорту
Цифрові двійники (Digital Twins)	Моделювання і симуляція виробничих процесів	Зниження ризиків помилок, що веде до менших втрат матеріалів та енергії
Доповнена та віртуальна реальність (AR/VR)	Навчання та інструктаж персоналу безпечним методам	Зниження помилок і аварій, що впливає на зменшення аварійних викидів
Датчики моніторингу	Моніторинг стану обладнання, забруднення навколишнього середовища	Забезпечення раннього виявлення проблем, що можуть призвести до забруднення
Супутникові рішення	Спостереження за землекористуванням, моніторинг кліматичних змін	Дозволяє ефективно реагувати на екологі

Джерело: сформовано автором за результатами дослідження цифрового каркасу

Для євроінтеграційного вектору розвитку України, важливо врахувати, що забезпечення кліматично-нейтральної економіки покладесться на розумний підхід до виробництва у різних секторах господарювання. Розумний підхід до виробництва забезпечує більш відповідальне і менш шкідливе використання природних ресурсів. Це включає зменшення викидів вуглекислого газу та інших шкідливих речовин, що сприяє досягненню цілей кліматичної нейтральності. Світові тенденції у кліматичному регулюванні вимагають від

компаній зменшення екологічного впливу. Розумні технології допомагають бізнесу адаптуватися до цих вимог, забезпечуючи відповідність стандартам і уникнення штрафів за порушення екологічних норм.

Таблиця нижче відображає, як розумні індустрії сучасності можуть застосовувати інноваційні цифрові технології для досягнення кліматичної нейтральності через підвищення ефективності ресурсів та зменшення впливу на довкілля. Це дозволяє більш предметно говорити про новий вимір диджиталізації – сталу диджиталізацію (табл. 5.3).

Таблиця 5.3

**Розвиток кліматично-нейтральної економіки України за галузями
(орієнтири для побудови цифрового каркасу)**

Розумна індустрія	Критично важливі технології	Вплив на кліматично-нейтральну економіку
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Індустрія 4.0	Інтернет речей (IoT), Штучний інтелект (AI), Блокчейн	Підвищує ефективність виробництва, мінімізує відходи та викиди
	Застосування цих технологій дозволяє автоматизувати процеси, знизити енергоспоживання і мінімізувати відходи, що виникають під час виробництва. Також вони допомагають в реалізації замкнутих циклів виробництва, де матеріали можуть бути повторно використані, тим самим знижуючи потребу в нових ресурсах та зменшуючи вплив на довкілля.	
Розумне сільське господарство	Датчики моніторингу, автоматизовані системи іригації, дрони	Оптимізація використання ресурсів, зниження впливу на землю та воду
	Використання цих технологій дозволяє точно дозувати воду і добрива, знижуючи їх споживання та забруднення навколишнього середовища. Дрони можуть виявляти захворювання рослин раніше, дозволяючи обробляти тільки уражені ділянки, а не всі поля.	
Розумна енергетика	Інтелектуальні електромережі, аналіз великих даних	Забезпечує інтеграцію відновлюваних джерел енергії, знижує залежність від викопних палив
	Інтелектуальні енергомережі дозволяють інтегрувати відновлювані джерела енергії, як-от сонячні та вітрові електростанції, у загальну систему, забезпечуючи більш стабільне і ефективне енергопостачання. Аналіз великих даних допомагає передбачати піки споживання та оптимізувати виробництво і розподіл енергії.	
Розумне будівництво	Цифрові двійники, AR/VR, 3D-друк	Зменшує витрати енергії, оптимізує матеріалоспоживання та управління відходами
	Ці технології можуть значно підвищити ефективність будівельних процесів, мінімізуючи відходи та покращуючи якість будівництва. Цифрові двійники дозволяють моделювати будівлі для оптимізації енерговикористання, а 3D-друк може зменшити кількість відходів завдяки точності виробництва.	

1	2	3
Розумний транспорт	Автономні транспортні засоби, GPS-моніторинг, IoT	Знижує викиди CO ₂ через оптимізацію маршрутів, підвищує ефективність логістики
	Введення розумного транспорту допомагає зменшити загальну кількість викидів від автомобілів, оптимізуючи трафік та маршрути. Автономні засоби можуть забезпечувати більш гладкий рух і краще використання палива.	
Управління відходами	Інтелектуальні системи сортування, IoT, мобільні додатки	Максимізує переробку та зменшує кількість відходів, що потрапляють на звалища
	Розумне управління відходами дозволяє більш ефективно сортувати та переробляти матеріали, скорочуючи кількість відходів, які потрапляють на звалища, і знижуючи парникові гази від їх розкладання.	

Джерело: складено автором

Аналіз цієї таблиці у контексті переходу до кліматичної нейтральності національної економіки можна розглянути за наступними аспектами:

По-перше, впровадження інноваційних підходів до виробництва та споживання, зокрема через наскрізне використання Інтернету речей (IoT), Штучного інтелекту (AI) та Блокчейну, забезпечує не лише автоматизацію процесів, а й значне зниження енергоспоживання і мінімізацію відходів, що у свою чергу сприяє зниженню викидів парникових газів. Це сприяє зменшенню викидів парникових газів і переходу до більш сталого виробництва, що є важливим кроком до досягнення кліматичної нейтральності.

По-друге, зменшення екологічного впливу через автоматизацію та ефективність. Застосування автоматизації та цифрових технологій для секторів розумного транспорту та інтелектуальних енергомереж, сприяє кращому управлінню ресурсами. Це не лише покращує ефективність використання цих ресурсів, але й знижує енергоспоживання та загальну кількість викидів вуглецю, що генеруються в атмосферу внаслідок індустріальної діяльності.

По-третє, інтеграція відновлюваних джерел енергії, як це відбувається в розумній енергетиці, забезпечує перехід від традиційних, забруднюючих джерел до більш чистих та сталих джерел. Це важливий крок на шляху до створення енергосистеми, яка максимально незалежна від викопних видів палива і сприяє зниженню впливу на клімат.

По-четверте, раціоналізація використання ресурсів і управління відходами, що охоплює розумні системи управління відходами та застосування принципів розумного сільського господарства, які дозволяють оптимізувати використання ресурсів. Це знижує навантаження на природні екосистеми і зменшує обсяги відходів, які потрапляють на звалища.

По-п'яте, залучення громадськості та підвищення обізнаності через застосування інтерактивних цифрових технологій, таких як доповнена та віртуальна реальність, відіграє ключову роль у формуванні екологічної свідомості громадян. Це сприяє більш відповідальному ставленню до використання ресурсів і зменшенню антропогенного впливу на довкілля. Використання AR/VR та інших цифрових технологій для навчання та розвитку усвідомленості сприяє кращому розумінню екологічних викликів та залученню більшої кількості людей до отримання практичного досвіду в питаннях зменшення вуглецевого сліду.

Разом ці аспекти відтворюють комплексний підхід до використання цифрових технологій для досягнення кліматичної нейтральності, що не лише сприяє економічному зростанню, але й забезпечує стале використання природних ресурсів і захист довкілля.

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

5.3. Механізм кліматично-нейтрального повоєнного відновлення економіки України на засадах диджиталізації

Сучасна геополітична ситуація характеризується високим градусом напруження. 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 [367]. 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 [479]. 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 [378]. 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 втратою російського імпорту через бойкоти та санкції [433]. Це додає напруженості світовій проблемі продовольчої безпеки, що загострюється у зв'язку з антропогенними наслідками зміни клімату.

Кліматична нейтральність формує стратегічно важливий вектор розвитку економіки України, який набуває екзистенційного характеру в умовах війни та осмисленні перспектив відновлення.

За оцінкою проєкту «росія заплатить» за 2 перші роки війни сума прямих збитків інфраструктури України досягла 155 млрд дол., а також 256 млрд дол. непрямих втрат, серед яких лівову частку становить житловий фонд (38%), міська інфраструктура (24%), втрати активів підприємств та промисловості у цілому (8%), енергетика (5,8%), АПК, земельні ресурси та лісовий фонд (8,5%), освіта (4,3%) [32, 35]. Зазначимо, що екологічні збитки внаслідок

генерації додаткових викидів повітря згідно вказаних досліджень оцінені окремо і складають 16,4 млрд дол.

З кожним роком вплив на війни на економіку стає все більш комплексним і в контексті дослідження потребує врахування таких аспектів, які узагальнено на основі аналітики [68, 65, 19]:

1) Значна динаміка падіння економіки. За 1й рік війни ВВП знизився на 29,1% до 5,19 млрд грн, хоча вже у 2023 році продемонстрував зростання на 4,9 % до 6,53 млрд грн. Зниження частки експорту товарів і послуг в структурі ВВП за цей період з 35,9% до 29,6% на тлі загального скорочення експорту з 57,5 до 50 млрд дол та зростання імпорту з 83,3 до 86 млрд дол.

2) Зниження рівня використання виробничих потужностей на тлі війни, який для промислових підприємств України у 2023 році склав 62,9%, при тому, що у такій критично важливій для відновлення галузі як будівництво – усього від 10% до 40% за роки повномасштабного вторгнення.

3) Значне зростання імпорту електроенергії з 25,7 ГВт у червні 2023 до рекордних 858,8 ГВт у червні 2024 р., що супроводжується спадною нестабільною динамікою експорту (до 90% за весь період війни) через постійну руйнацію енергетичної інфраструктури та потужностей генерації.

4) Нестабільна динаміка ключових галузей. Стагнація металургійної галузі та гірничодобувного комплексу України у 2022 році склала 70% внаслідок руйнування та тимчасової окупації виробничих потужностей, перебої виробництва через блекаути та блокування логістичних шляхів. Втім, з початку 2024 року галузь демонструє поступове зростання виробництва чавуну, сталі та прокату, нарощуючи експорт до 30% довоєнного рівня. Попри значні інфраструктурні втрати до 25% посівних площ та необхідність розмінування територій, частка сільського господарства в експорті зросла з 34 до 41%.

5) Втрати людського капіталу, обумовлені війною (міграція, зростання частки внутрішньо-переміщених осіб), що зокрема збільшує запит бізнесу що кваліфікованих кадрів на ринку праці.

6) Вплив на малий та середній бізнес в Україні. На початку повномасштабного вторгнення 64% такого бізнесу тимчасово припинили свою діяльність, 52% нині перебуває у регіонах, які потребують значного відновлення чи досі залишаються поблизу зон ведення бойових дій, до 90% бізнесу не здійснили релокацію.

7) Зростання ІТ індустрії в Україні на 7% попри найбільш динамічне серед усіх галузей переміщення до 13% спеціалістів, а також технічні проблеми енергозабезпечення, викликані військовими діями росії.

Зазначений перелік фактів впливу війни на національну економіку не є вичерпним, проте окреслює коло важливих проблем, що мають бути закладені у механізми відновлення. Спираючись на орієнтири досягнення кліматичної нейтральності, окреслені тенденції свідчать про необхідність трансформаційних тенденцій у різних сферах:

- значне зростання імпорту електроенергії та руйнування енергетичної інфраструктури створює нагальну потребу в розвитку локальних відновлюваних джерел енергії та впровадженні технологій енергоефективності;

- нестабільність експорту енергоресурсів підкреслює важливість інвестицій у децентралізовані енергосистеми та розумні мережі smart grids, технології яких є досить гнучкими до можливих збоїв чи перепадів енергопостачання, втім потребують переосмислення цілої системи енергетичної інфраструктури в Україні;

- низький рівень завантаженості потужностей будівельної галузі в контексті зростання попиту на модернізацію та відновлення житлового фонду вимагає орієнтації на зелені стандарти будівництва, що включає використання енергоефективних матеріалів, технологій цифрового моделювання будівельних конструкцій і цифрових платформ для управління процесами відбудови об'єктів;

- зростання частки сільського господарства в українському експорті створює передумови для інтеграції технологій розумного фермерства у цей

сектор, зважаючи на перспективи євроінтеграції з ЄС та забезпечення відповідності вітчизняної агропродукції еко-стандартам;

Водночас, значні міграційні втрати та внутрішнє переміщення осіб вимагають стратегій повернення кваліфікованих кадрів, зокрема навчання та стимулювання бізнесу до адаптації працівників у нових сферах, пов'язаних з відновлювальними джерелами енергії, кліматичного менеджменту, цифрових технологій. А підтримка малого та середнього бізнесу має включати нові акценти зеленого переходу, залучення до програм сталого фінансування (зелені кредити, гранти), а також створення умов для їх релокації та доступу до міжнародних ринків у перспективі.

За роки війни у науковому дискурсі триває активна дискусія щодо повоєнного відновлення національної економіки та її модернізації, сформувався загальні контури відновлення, що втім потребує постійного розвитку, уточнення та розширення через стрімку динаміку процесів, велику роль контекстуальних чинників та неможливість чіткого визначення горизонтів планування відновлення в контексті ендогенних, екзогенних факторів впливу та стохастичності наслідків військових дій агресора росії.

Необхідно відзначити такі ключові орієнтири та концептуальні ідеї відновлення України, які закладають сучасні науковці.

По-перше, суттєва енергетична трансформація. У дослідженні Метеленко Н.Г. та ін. [62] підкреслюють, що відновлювана енергетика (сонячна та вітрова) повинні стати основою енергетичної стратегії України в контексті «зеленого» відновлення. Важливими аспектами є енергетична незалежність, інтеграція з європейськими ринками та створення механізмів стимулювання інвестицій у ВДЕ.

По-друге, соціалізація економіки, як один з перспективних орієнтирів відновлення. Так, Сімахова А.О. [69] обґрунтовує необхідність повоєнної соціалізації економіки в умовах євроінтеграції, що включає забезпечення соціальної справедливості, розвиток освіти, модернізацію інфраструктури, сприяння соціальній згуртованості, залучення фінансової допомоги ЄС.

Зазначимо, що екологічна трансформація також розглядається у напрямку повоєнної соціалізації в контексті зеленого курсу ЄС, що є важливим для зміцнення конкурентних переваг України у напрямку відновлення.

По-третє, провідний акцент на зміцненні громад та "зеленому" відновленні міського середовища. Спільна аналітична робота науковців з України та Німеччини фокусується на принципах стійкого та екологічного відновлення міських територій, включаючи [418]: інтеграцію екологічних стандартів у процеси реконструкції міст, інноваційні фінансові механізми, зокрема "зелені" кредити для інвесторів у стійке міське планування, адаптацію до змін клімату та інтеграцію циркулярної економіки в планування міського розвитку. Автори акцентують на тому, що відновлення має враховувати не лише фізичну реконструкцію, але й адаптацію до змін клімату та запровадження принципів міської стійкості.

По-третє, перспективи цифрової інтеграції. Дослідження Мельника Л.Г. та ін. виділяє вплив цифрових технологій на євроінтеграцію та відновлення з огляду на [61]: розширення впровадження цифрових рішень у сферу державного управління та бізнесу; розвиток українського ІТ-сектору як драйвера інноваційного зростання; використання цифрових платформ для моніторингу та прозорості використання міжнародної фінансової допомоги. ІТ-сектор визначається як один з рушіїв відновлення, здатний привабити інвестиції та забезпечити стійкий розвиток високотехнологічних галузей.

По-четверте, ґрунтовна промислова модернізація. Швиданенко Г.О. та Швиданенко О.А. наголошують на критичній необхідності створення промислових екосистем, які забезпечуватимуть [77]: поглиблену переробку сировини та виробництво продукції з високою доданою вартістю; створення індустріальних парків, орієнтованих на експорт готової продукції; інтеграцію української промисловості у глобальні ланцюги створення вартості. Зазначається, що відновлення промислового потенціалу сприятиме зниженню залежності від імпорту та підвищенню конкурентоспроможності українських виробників. Такий підхід дозволяє інтегруватися в глобальні ринки та

формувати конкурентоспроможність економіки. Цю ідею також розвиває Біла І.С. [19] аналізуючи наслідки війни для бізнесу та домогосподарств та, водночас, наголошуючи на потенціалі модернізації виробництва і відновлення людського капіталу, як основних конкурентних переваг у повоєнний період.

По-п'яте, вагома роль міжнародної підтримки та залучення інвестиції. У роботі Резнікової Н.В. [67] підкреслюється роль міжнародної допомоги, що має враховувати інноваційний та технологічний потенціал України. Досвід плану Маршалла пропонується адаптувати до українського контексту з урахуванням специфіки поточного економічного середовища з урахуванням перспектив: залучення іноземних інвестицій для підтримки інновацій та технологічного розвитку; впровадження прозорих механізмів розподілу допомоги; створення умов для залучення приватного капіталу в проекти реконструкції.

У цьому контексті важливо зазначити аналіз сценаріїв повоєнної розбудови зеленої економіки, запропонований Чалою В.С. [76], що акцентує увагу на значній шкоді довкіллю через руйнування промислових комплексів, енергетичної інфраструктури, забруднення ґрунтів, повітря і водних ресурсів, а також необхідності врахування євроінтеграційного вектору. Зокрема, висуваються 4 сценарії [76]: 1) "Повернення до коричневої економіки": розглядається як негативний варіант, що базується на використанні застарілих технологій і вуглецево інтенсивних виробництв; 2) "Розвиток біоекономіки": акцент на переробці біологічних ресурсів і створенні екологічно чистих продуктів; 3) "Циркулярна економіка": зосереджений на нульовому екологічному сліді, рециклінгу, продовженні життєвого циклу продукції; 4) "Повноформатна зелена економіка": інтеграція всіх ключових елементів зеленої трансформації в економіку.

При плануванні повоєнного відновлення необхідно також закладати перспективи стрімкого економічного зростання національної економіки. У своїх дослідженнях Галасюк В.В. піднімає питання досягнення «трильйонної економіки», а саме досягнення 1 трлн дол. ВВП в Україні, що наразі активно

обговорюється у публічному дискурсі та в межах дискусій Римського Клубу в Україні. Зокрема у монографії науковця [27] акцентовано увагу на необхідності посилення спеціалізації української економіки, її структурної трансформації, диференціації видів економічної діяльності як джерел зростання, транспарентності державного управління, а також визначено необхідність подолання екологічних загроз, військової агресії та інституційної слабкості для забезпечення такого стрімкого економічного зростання.

Такий потенційний ріст національного виробництва, до якого безумовно має прямувати Україна у повоєнний період, спричинить стрімке зростання викидів вуглецю щонайменше втричі з огляду на довоєнну вуглецеву ємність ВВП України. Ще більший ріст вуглецевого сліду повоєнної економіки можливо очікувати, якщо зростання відбуватиметься за рахунок масштабування промислового виробництва, а не третинних галузей. У цих умовах критично важливо забезпечити базис кліматично нейтрального економічного зростання. Важливо підкреслити два принципові стратегічні напрямки:

- 1) відновлення національного виробництва, яка засноване на впровадженні низьковуглецевих практик і зниженні вуглецевого сліду;

- 2) пошук шляхів ліквідації додаткового вуглецевого навантаження національної економіки, що спричинене війною.

З огляду на сучасні тенденції, вважаємо за доцільне розглядати кліматичну нейтральність як ключовий орієнтир відновлення національної економіки в контексті зеленого зростання та з огляду на світовий дискурс проблеми. 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. 5.12).



Рис. 5.12. Напрямки вуглецевого навантаження під час війни

Джерело: узагальнено авторами на основі аналізу [24]

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 [24].

За попередніми оцінками, за перший рік російсько-української війни на території України було утворено додаткові 120 мегатон вуглецю [24], 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 додаткового вуглецевого сліду економіки України під час війни (рис. 5.13).

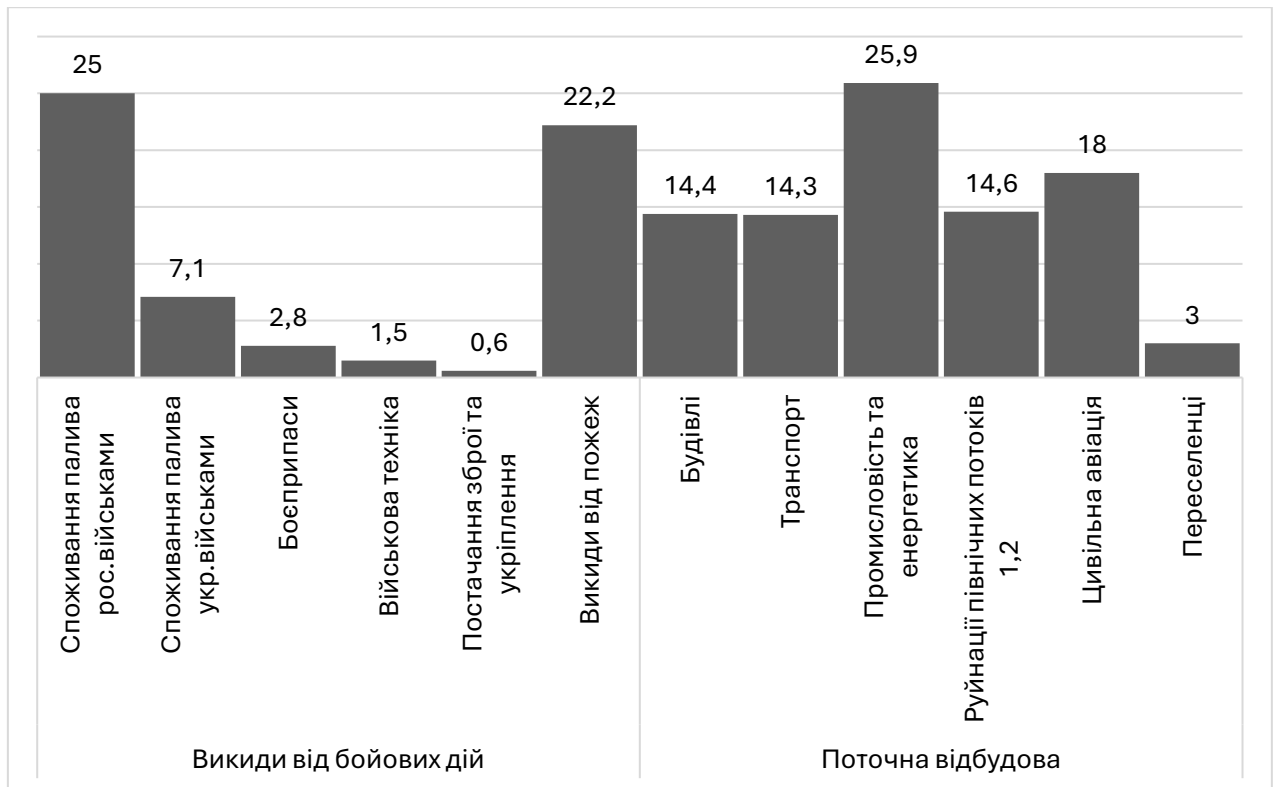


Рис. 5.13. Структура додаткового вуглецевого сліду економіки України під час війни

Джерело: згруповано на основі статистики [24]

Отже, викиди від бойових дій складають 40% поточного вуглецевого сліду війни в Україні, а їх лівова частка утворена внаслідок спалення палива російськими загарбниками під час ведення бойових дій на території України 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 енергетичної інфраструктури, яка систематично зазнає руйнувань від атак агресора.

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 повної 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.

Втім, ризики зростання викидів при цьому можуть бути значно знижені за умов своєчасної розробки стратегій зеленого відновлення за принципами кліматичної нейтральності.

У цьому напрямку варто зазначити, особливість нещодавно схваленого Національного плану з енергетики та клімату (НПЕК) [5], що є стратегічним документом, який спрямований на узгодження екологічної, енергетичної та економічної політики для сталого розвитку України. Основними міжнародними партнерами у створенні Національного плану стали Секретаріат Енергетичного Співтовариства та Європейська Комісія, які надавали консультації та коментарі протягом всього процесу формування плану, а Посольство Великобританії в Україні, Net Zero World Initiative та Програма розвитку ООН забезпечили підтримку його розробки. Своєчасне ухвалення Україною НПЕК є важливим кроком для забезпечення розуміння пріоритетів уряду в енергетичній та кліматичній політиці для громадян та стейкхолдерів в Україні.

Цей документ слугуватиме певним орієнтиром зеленої реконструкції та відновлення України, стимулюючи допомогу від міжнародної спільноти. Серед основних цілей НПЕК, зокрема:

- скорочення викидів парникових газів на 65% порівняно з рівнем 1990 року;
- досягнення 27% частки відновлюваних джерел енергії у загальному кінцевому енергоспоживанні;

- поглиблення диверсифікації джерел і шляхів постачання енергоресурсів
– не більше 30% від одного постачальника;

- первинне споживання енергії не більше 72,224 млн т н.е., кінцеве споживання енергії 42,168 млн т н.е. (т н.е. – тонна нафтового еквівалента).

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. 5.14).



Рис. 5.14. Напрямки повоєнного відновлення України для забезпечення кліматичної нейтральності

Джерело: складено автором

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.

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 індустріальні 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 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 проектів відновлення Україна повинна залучити міжнародну фінансову та технічну допомогу, співпрацювати з міжнародними організаціями та інвесторами, що підтримують проекти, 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 стейкхолдерів: 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 умовах повоєнного відновлення.

У цьому напрямку важливим елементом є розбудова інтеграційної кліматичної політики, встановлення довгострокових національних кліматичних цілей та інструментів стимулювання декарбонізації країни з метою досягнення кліматичної нейтральності. Впровадження заходів з адаптації до зміни клімату шляхом наближення національних засад до законодавства ЄС для забезпечення поступового переходу до низьковуглецевого розвитку за умови економічної, енергетичної та екологічної безпеки і підвищення добробуту та здоров'я громадян.

Однак, така політика має розглядатися у тандемі з економічними цілями відновлення та можливостями диджиталізації.

Зародки такого підходу закладено у “Національний план відновлення”, який містить наступні важливі національні програми у напрямку цифрового та зеленого розвитку у поточній та повоєнній перспективі [63]:

1) «Цифрова держава, як основа відновлення». Містить понад 100 проєктних ініціатив, серед яких важливо зазначити такі: розгортання державна програми “Україна - цифрової хаб для Азійського та Європейського магістрального трафіку”; комплексна система моніторингу післявоєнного відновлення на основі відкритих даних; забезпечення 100% населення доступом до інтернету зі швидкістю 1 Гбіт/сек; перенесення державних інформаційних ресурсів до хмар, організація збереження інформації шляхом резервного копіювання; е-Довіреність; е-Підприємець; е-Суд; е-Послуги для ветеранів та інші сервіси; штучний інтелект при наданні публічних послуг; створення державної хмарної сервісної платформи кібербезпеки; розробка рамкового документу щодо відбудови та трансформації міст у Розумні міста; розроблення вимог (стандартів) до публікації наборів даних які стосуються переходу України на низьковуглецеву та циркулярну економіку.

2) «Енергетична незалежність та зелений курс», що містить ініціативи: будівництво розумних мереж smart grids; локалізація виробництва обладнання для ВДЕ; локалізація ланцюжка створення вартості в ядерній сфері (завод із виробництва палива, зберігання відходів); відновлення міждержавної комерційної торгівлі з ЄС з поетапним розширенням потужності до 7 ГВт; розвиток виробництва біопалива (біоетанолу, біодизелю, біометану, біомаси);

3) «Відбудова чистого та захищеного середовища»: впровадження Єдиної екологічної платформи «ЕкоСистема» загальнодержавної екологічної автоматизованої інформаційно-аналітичної системи забезпечення доступу до екологічної інформації та її мережі; впровадження національної системи торгівлі квотами на викиди парникових газів та удосконалення системи моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів; екомодернізація великих спалювальних установок; екологічне відновлення промислових об'єктів; WAW-nature: національні парки для людей; відновлення інфраструктури державної системи моніторингу атмосферного повітря, що постраждала внаслідок воєнних дій; нарощування мінерально-сировинної бази України; впровадження концепції екосистемних послуг та ін.

4) «Відновлення та модернізація житла та інфраструктури регіонів» важливо зазначити програми: загальнонаціональна інформаційно-просвітницька кампанія для підвищення обізнаності громадян щодо сталого енергетичного розвитку громад і регіонів; будівництво (відновлення зруйнованих) об'єктів, із забезпеченням енергоефективності та безбар'єрності; пілотне будівництво будівель із близьким до нульового рівнем енергоспоживання (NZEB), у тому числі шляхом відбудови зруйнованих будівель відповідно до вимог NZEB; проект переходу на електроавтобуси в міських агломераціях та ін.

Важливо підкреслити, що план відновлення містить важливі маркери щодо цифрової трансформації, зеленої відбудови інфраструктури, програм

енергоефективності. Однак, наразі відсутній механізм поєднання цих блоків у єдиній стратегічній канві відновлення національної економіки, особливо у межах національної програми «Цифрова держава», яка здатна запропонувати більше можливостей для реалізації кліматично орієнтованих ініціатив в Україні. Зокрема, простежується необхідність забезпечення нарізності ідей відновлення на засадах зеленого та цифрового розвитку в таких програмах як «Прагнення до інтеграції в ЄС», «Поліпшення бізнес-середовища», «Розвиток освіти», «Розвиток секторів економіки з доданою вартістю».

Так, важлива програма відновлення «Розвиток секторів економіки з доданою вартістю» містить чисельні нові ініціативи щодо розвитку стартап-екосистем (інноваційні хаби, акселератори, інкубатори, платформа), в яких водночас відсутні акценти сталої диджиталізації, розвитку низьковуглецевих технологій в ІТ. Водночас, програма «Поліпшення бізнес-середовища» потребує додаткових ініціатив щодо зеленого переходу бізнесу та просвіти в питаннях декарбонізації, просування низьковуглецевих продуктів та сервісів.

Ці акценти є важливими, адже бізнес виступає важливим провайдером кліматично орієнтованих змін як у напрямку організації бізнес-діяльності, так і через просування власних продуктів та послуг.

Вихідним фактором стратегування такого «курсу відновлення» для бізнесу є передусім розуміння його впливу на навколишнє середовище, зокрема енергомісткості продукції, характеру споживання ресурсів тощо. Для планування такого механізму в Україні можна скористатися рекомендаціями Організації економічного співробітництва та розвитку (ОЕСР), що пропонує здійснювати таку оцінку у 5 вимірах [107]:

1. Частка компанії у викидах парникових газів у бізнес-секторі;
2. Частка у споживанні енергії в бізнес-секторі;
3. Вуглецевоємність;
4. Енергоємність;

5. Ціновий тягар бізнесу на енергоносії.

Зазначимо, що умовах війни можливість такої об'єктивної оцінки значним чином ускладнюються в Україні, адже відповідні ініціативи щодо цифрового моніторингу та контролю перебувають на стадії розробки відповідно до Національного плану відновлення. У цих умовах відповідальність покладається здебільшого на самих виробників, що посилює необхідність проведення просвітницьких кампаній у напрямку кліматично-нейтрального розвитку та можливостей диджиталізації у цій сфері.

При цьому важливо залучити до нової парадигми відновлення не тільки великі корпорації, які традиційно асоціюються з високою вуглецевою інтенсивністю, але й мікро- малі- та середні підприємства (ММСП), які за оцінками у повоєнній перспективі здатні створювати в Україні до 64% доданої вартості та закривати потреби 74% робочих місць [65].

Ця тенденція характерна і для світу. Більшість ММСП перебувають на ранніх етапах свого шляху до нульових викидів, здійснивши лише базові заходи зі скорочення вуглецевого сліду від своєї діяльності. Згідно з глобальним опитуванням, проведеним SME Climate Hub у 2021 році [403], більшість підприємств (82%) визнають, що зелений перехід є пріоритетним завданням, проте вони зробили лише елементарні кроки в напрямку інтеграції зелених бізнес-моделей, такі як впровадження заходів з енергоефективності та скорочення відходів, 60% розуміють необхідність довгострокового плану скорочення викидів. Порівняно небагато підприємств вжили заходів для зменшення викидів у видобувній та переробній галузях, такі як редизайн виробничих або сервісних процесів відповідно до принципу нульових викидів або залучення зовнішнього екологічного аудиту.

Залучаючи бізнес до кліматично-нейтрального відновлення в Україні, важливо розуміти, що масштаб компанії значним чином впливає на спроможність до реалізації кліматично орієнтованих ініціатив (рис. 2).

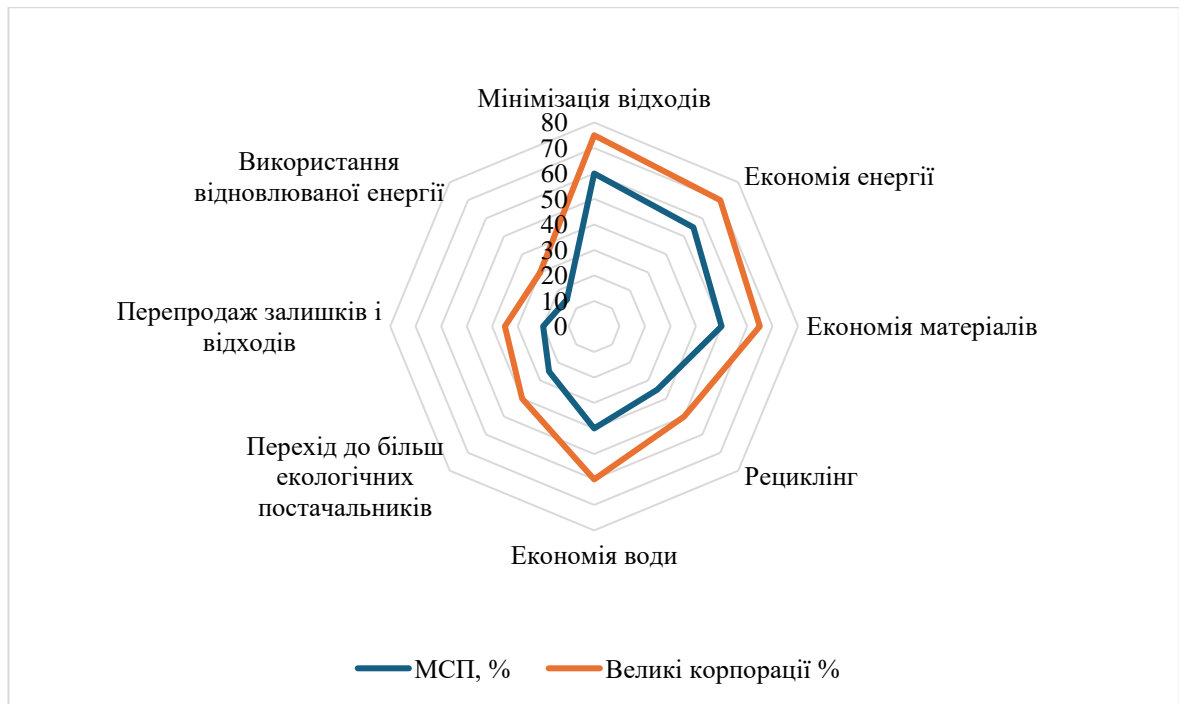


Рис. 5.15. Розуміння необхідності реалізації кліматичних ініціатив сучасним бізнесом

Джерело: побудовано автором на основі [107]

Фактично, отриманий розподіл відображає сфери, в яких бізнес буде складно і відносно легко залучити до кліматичних ініціатив під час відновлення. Як бачимо, найбільший прогрес у просуванні мають рішення у сфері управління відходами, економії енергії, води та матеріалів, що успішно реалізується у щонайменше 50% бізнесу. Водночас, деякі ініціативи становлять справжній виклик саме для малого та середнього бізнесу, а саме практики рециклінгу, перехід до більш екологічних постачальників, перепродаж відходів, використання відновлювальної енергії.

Щоб досягти кліматичної нейтральності у повоєнній перспективі, сучасні бізнес-моделі підприємств в Україні мають бути орієнтовані не лише на декарбонізацію власної діяльності, але й на максимально можливе зниження викидів у вищих та нижчих ланках ланцюга створення вартості, а також компенсацію викидів, які не можуть бути ліквідовані.

У цьому напрямку кліматично-нейтрального відновлення, можна використати сучасний підхід ЄС, який полягає у тому, щоб забезпечити бізнес

можливістю визначити та вимірювати джерела власних викидів, розробляти довгострокові плани декарбонізації та вживати необхідних заходів та інвестицій для відповідної зміни своїх бізнес-моделей [121].

Діджиталізація є потужним драйвером у вирішенні окресленої проблематики, адже дозволяє оптимізувати виробничі процеси та прискорити скорочення викидів відразу за трьома ключовими сферами (табл. 5.4).

Таблиця 5.4

Можливості діджиталізації у скороченні вуглецевого сліду національного бізнесу у перспективі повоєнного відновлення

Сфера викидів	Точки контролю	Можливості діджиталізації у скороченні вуглецевого сліду
1. Прямі викиди парникових газів від джерел, якими безпосередньо володіє та контролює МСП	Викиди від промислових процесів. Викиди від спалювання палива в котлах та печах. Викиди від транспорту, що належить компанії.	Використання IoT для моніторингу та оптимізації використання енергії на виробничих потужностях. Автоматизація процесів для зменшення енергоспоживання. Впровадження програмного забезпечення для управління енергоспоживанням та зменшення відходів.
2. Непрямі викиди МСП від спожитої енергії, яку підприємство купує	Електроенергія, куплена від електростанцій (для освітлення, опалення та охолодження). Тепло, куплене від централізованої системи опалення.	Використання інтелектуальних енергомереж для оптимізації споживання енергії. Перехід на відновлювані джерела енергії через цифрові платформи для управління енергетичними ресурсами.
3. Всі інші викиди від джерел, що знаходяться поза прямим контролем МСП	Викиди від усього ланцюга створення вартості: придбані в постачальників товари та послуги; замовлені перевезення; утилізація та переробка відходів підприємства; пересування на транспортних засобах, які не є власністю МСП (громадський транспорт, авіаперельоти, відрядження тощо); подальше використання продукції підприємства, тощо	Впровадження систем управління ланцюгом поставок для моніторингу та зменшення викидів. Big Data для аналізу та оптимізації логістики. Використання цифрових платформ для співпраці з постачальниками з метою вибору більш екологічних з них.

Джерело: систематизовано автором на основі [403, 107].

Емпіричний аналіз досвіду використання цифрових технологій у різних кліматичних ініціативах, виконаний у Розділі 4, дозволяє систематизувати 4 кластери цифрових технологій для переходу національного бізнесу до кліматичної нейтральності в умовах повоєнного відновлення.

Кластер 1. Найбільш поширені рішення, які охоплюють комплексні оцифровані енергетичні системи. Такі системи оснащені розумними приладами, що дозволяють здійснювати моніторинг енергоспоживання, гнучко адаптуватися до мінливого попиту на енергію та автоматизовано обирати постачальників енергії за найнижчою вартістю.

Кластер 2. Цифрові рішення, які сприяють впровадженню відновлюваних джерел енергії для бізнесу та їх інтеграції в національну енергосистему. Це стосується мікрогенерації на сонячних фотоелектричних установках або малих вітрових турбінах, що допомагає скоротити викиди вуглецю від викопних видів палива.

Кластер 3. Цифрові технології для самостійної енергогенерації. В умовах війни та блекаутів, український бізнес фактично став виробником енергії для власних потреб, особливо у сфері послуг. Задача відновлення полягає у забезпеченні низьковуглецевого підходу до такої генерації, щоб у подальшому мінімізувати споживання електроенергії з електромережі або навіть постачати та продавати її надлишок в енергосистему. У перспективі відновлення та розгортання національних систем моніторингу, бізнес в Україні зможе відслідковувати та контролювати утворений вуглецевий слід та нести за нього відповідальність, що особливо актуально в забезпеченні кліматично-нейтрального розвитку.

Кластер 4. Розумні цифрові лічильники для повсюдного моніторингу. Ці технології набувають все більшої популярності через їх доступність та відносну простоту встановлення порівняно з іншими цифровими-зеленими рішеннями. Розумні лічильники електроенергії/газу та системи енергомоніторингу дозволяють бізнесу відстежувати моделі споживання енергії та відповідно змінювати поведінку. Дослідження показали, що такий

енергомоніторинг скорочує споживання енергії МСП до 40% за невеликих додаткових витрат або взагалі без них завдяки наданню більш якісних даних та кращому розумінню моделей енергоспоживання [481].

Кластер 5. Рішення на основі Інтернету речей, які дозволяють дистанційно керувати окремими приладами та ланками виробничого процесу, сприяючи кращій енергоефективності. Фактично, такі системи є найпростішою формою автоматизації, яка здатна компенсувати або навіть замінити неефективну поведінку користувачів. В контексті повоєнного відновлення це відкриває широкі можливості для розгортання практик «прогнозованого обслуговування», що передбачає наскрізну діджиталізацію ключових процесів на підприємствах, а також ситуаційного моделювання, наприклад в умовах відключення світла, обстрілів, тощо.

У перспективі повоєнного відновлення, зазначені кластери цифрових технологій можуть бути закладені в системи енергетичного та кліматичного менеджменту в Україні.

Варто зазначити, що залучення бізнесу до кліматично-нейтрального відновлення в Україні сприятиме реалізації зеленого-цифрового переходу, однак прогнозовано потребуватиме подолання бар'єрів, ключовими з яких на першому етапі будуть щонайменше 2 виклики:

- нестача фінансових ресурсів;
- низький рівень управлінських навичок, адже зазвичай кліматичне управління в національному бізнесі має тенденцію бути «неформальним».

Для подолання бар'єрів відновлення пропонується реалізація таких напрямків в Україні в частині інтеграції цифрових рішень в різні аспекти кліматично-нейтрального розвитку (рис. 5.16).

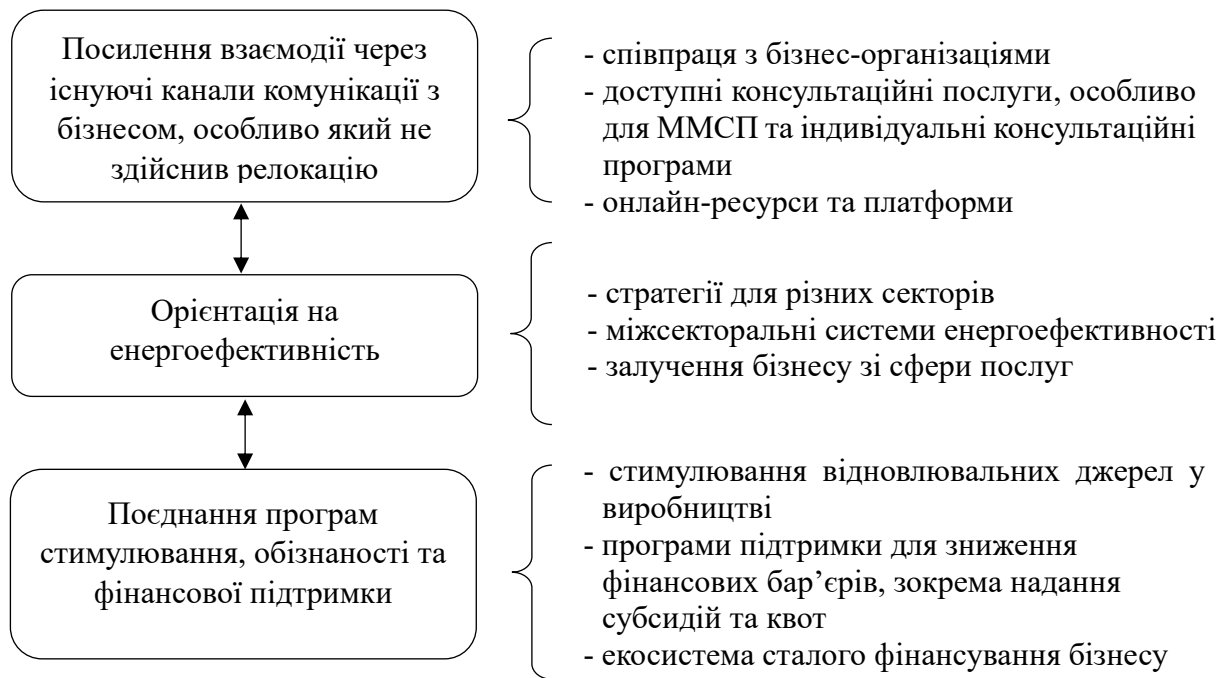


Рис. 5.16. Напрямки посилення залученості бізнесу до вектору кліматично-нейтрального відновлення в Україні

Джерело: сформовано автором

Таким чином, ключовими напрямками залученості бізнесу до повоєнного кліматично-нейтрального відновлення вбачаються: посилення взаємодії через існуючі канали комунікації (використання наявних каналів та платформ для поширення знань, консультацій щодо стратегічних напрямків відновлення, заохочення бізнесу до кліматично-нейтральних практик), що особливо актуально для бізнесу, який не зміг здійснити релокацію та потребує відбудови втрачених виробничих потужностей та активів; орієнтація на енергоефективність; поєднання програм стимулювання, обізнаності та фінансової підтримки (розробка та запуск ініціатив, що сприяють екологічному переходу через фінансові стимули та навчання).

Окреслені міркування обумовлюють необхідність формування комплексного бачення щодо механізму повоєнного відновлення національної економіки з урахуванням стратегічних напрямків кліматичної нейтральності та можливостей диджиталізації (рис. 5.17).

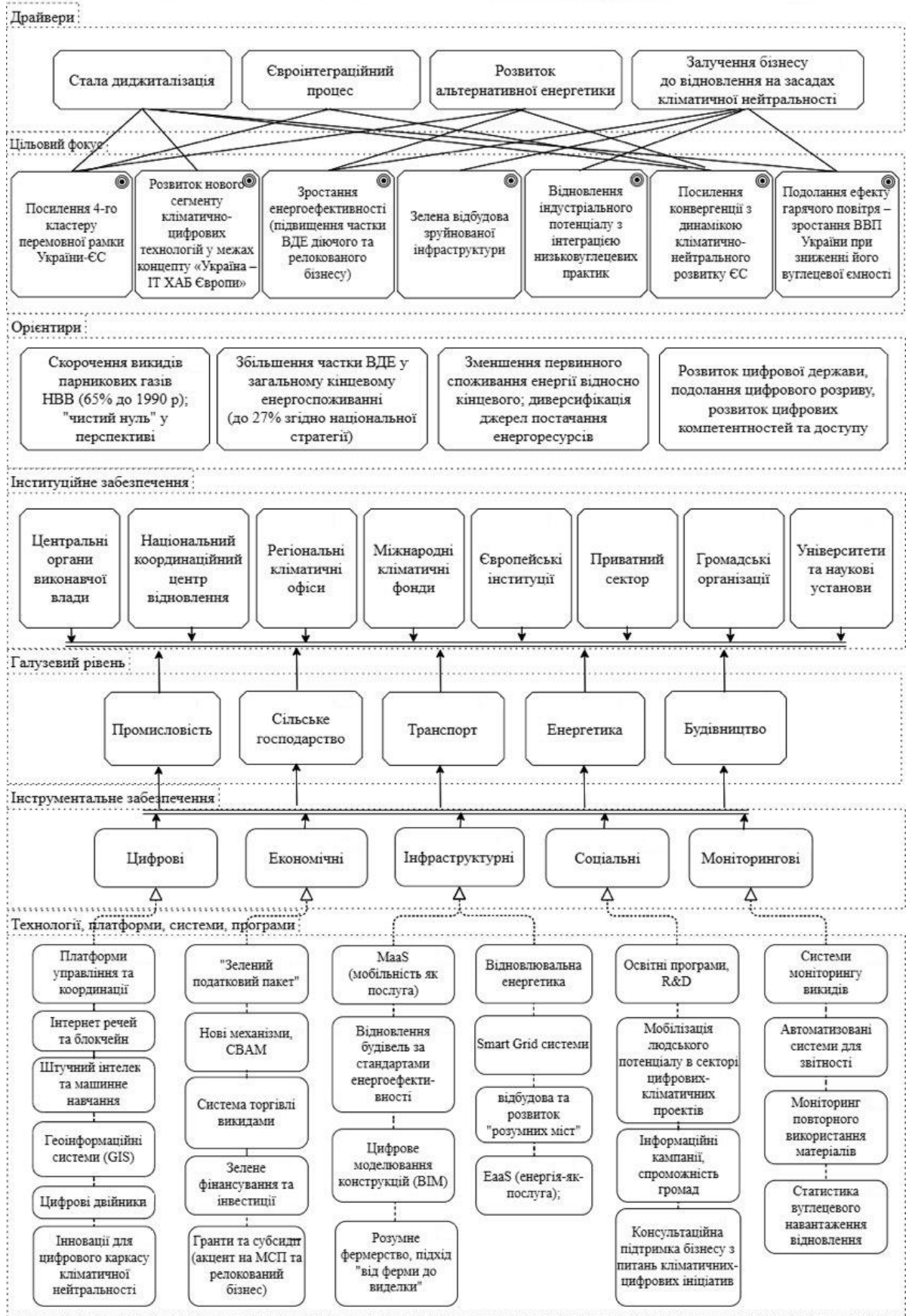


Рис. 5.17. Механізм кліматично-нейтрального повоєнного відновлення на засадах диджиталізації

Джерело: розроблено автором

Запропонований механізм повоєнного відновлення України на досягнення кліматичної нейтральності за рахунок інтеграції широких можливостей диджиталізації, що передбачає системний підхід до відновлення економіки та інфраструктури країни, акцентуючи увагу на синергії зелених і цифрових рішень.

Основу механізму складають п'ять ключових блоків, кожен з яких відповідає за певний аспект відновлення. Регуляторний блок спрямований на вдосконалення нормативно-правової бази для стимулювання енергоефективності, впровадження цифрових технологій та розгортання системи торгівлі викидами. Важливим елементом цього блоку є гармонізація кліматичної політики України з європейськими, що сприяє інтеграції у глобальні економічні та екологічні процеси. Секторальний блок охоплює галузеві стратегії декарбонізації, включаючи розвиток відновлюваних джерел енергії, електромобільності, розумного фермерства та впровадження кліматично-нейтральних технологій у будівництво та промисловість. Цей блок забезпечує індустріальні зрушення у напрямку кліматичної стійкості, що необхідно закладати при відновленні та модернізації зруйнованих виробничих потужностей підприємств.

Інтеграція цифрових рішень є своєрідним ядром інноваційного блоку, який включає, передусім, впровадження платформ для моніторингу відновлення, таких як GIS-системи, та створення цифрових двійників для управління міським і територіальним плануванням. Це сприяє прозорості та ефективності управління ресурсами, а також підвищенню швидкості реалізації проєктів відновлення територій. У свою чергу, фінансовий блок фокусується на залученні зеленого фінансування, включаючи гранти, зелені облігації та кредити від міжнародних фондів. Він також забезпечує підтримку бізнесу у впровадженні кліматичних і цифрових рішень, стимулюючи підприємства до участі в процесах відновлення та модернізації. Важливою складовою механізму є соціальний блок, орієнтований на підвищення цифрової грамотності населення, підтримку громад у процесах відновлення, а також на

розвиток компетенцій у сфері кліматичної нейтральності та можливостей цифрових технологій. Цей блок сприяє соціальній інтеграції та забезпеченню інклюзивності у процесах повоєнного відновлення.

Механізм також передбачає розподіл за орієнтирами реалізації. Короткострокові орієнтири охоплюють постійний моніторинг потреб, створення цифрових платформ, удосконалення нормативно-правової бази та підготовку до імплементації СВМ, СТВ та інших програм. Середньострокові орієнтири безпосередньо сфокусовано на реалізації кліматично-цифрових проєктів в різних галузях, зокрема розвитку низьковуглецевих транспортних систем і модернізації аграрного сектору, який потребує відновлення в частині розмінування посівних площ та переосмислення їх функціоналу. Довгострокові орієнтири передбачають розбудову розумних міст, забезпечення економічного зростання при одночасному втриманні вуглецевої інтенсивності ВВП, формування культури екологічної поведінки у суспільстві.

Ключовими напрямками механізму є цифрова трансформація процесів відновлення, зелена відбудова інфраструктури, реформування енергетики та міжнародна координація. У цьому контексті, цифрова трансформація забезпечує ефективність управління ресурсами через інтеграцію даних, впровадження блокчейн-рішень та прозорість фінансових потоків. Зелена відбудова фокусується на енергоефективному будівництві, впровадженні технологій моделювання конструкцій, відбудові міської інфраструктури відповідно до ідеології розумних міст. Реформування енергетики передбачає загальну поступову децентралізацію системи, розвиток ВДЕ та інтеграцію смарт-мереж. Водночас, напрям міжнародної координації та підтримки передбачає розбудову широких партнерств у напрямку відновлення територій та створення спільних промислових та дослідницьких кластерів. З іншого боку, це напрям є критично важливим для посилення зовнішньополітичних зусиль та тиску на росію в питаннях виплати репарацій та відшкодування екологічних наслідків агресії.

Сфера отриманих результатів від реалізації запропонованого механізму охоплює: вихід на тенденцію скорочення викидів парникових газів до «чистого нуля» за рахунок модернізації виробництва; повсюдна диджиталізація процесів управління відбудовою економіки; створення кліматично стійкої та розумної інфраструктури внаслідок здійснення повоєнної модернізації; акцент на розвиток напрямку кліматичних-цифрових рішень в ІТ індустрії України; підвищення конкурентоспроможності України у глобальному просторі та її репутаційної складової через розвиток та імплементацію використання кліматичних ініціатив.

Висновки до розділу 5

Проаналізовано передумови формування кліматично-нейтральної економіки України в контексті показників зеленого та цифрового розвитку. Визначено, що процес досягнення кліматичної нейтральності в Україні формується під впливом кількох тенденцій, ключовими з яких є формування внутрішньої системи, інтеграція принципів сталої диджиталізації, євроінтеграційний процес, вплив війни та планування відновлення.

Підкреслено, що кліматична нейтральність має розглядатися у канві національних інтересів України, що потребує рішучих змін у підходах до виробництва та розвитку кліматичних політик. У цьому контексті пропонується розглядати диджиталізацію як драйвер реалізаційного посилення цих трансформацій.

Проаналізовано позиціонування України в системі індексів зеленого та цифрового розвитку. Обґрунтовано, що Україна має достатній базис для розвитку цифрового потенціалу, але потребує значного стрибка для зміцнення на рівні країн ЄС. Показано, що найбільший прогрес спостерігається за рівнем ІКТ, у той час як цифрова якість життя та цифрова конкурентоспроможність практично не демонструють зростання, що важливо стимулювати для реалізації складних програм кліматичної нейтральності.

Співставлено динаміку руху економіки України порівняно з ЄС до «нульових викидів» за різними сценаріями їх скорочення до 2050 року. Показано, що інтеграція кліматичних політик України та ЄС має стратегічне значення не тільки для досягнення кліматичної нейтральності в Україні, але й у перспективі Євроінтеграції. Виявлено ознаки ефекту «гарячого повітря» в економіці України, що характеризує неефективні підходи до зниження вуглецевої інтенсивності ВВП. Підкреслено необхідність перегляду національно-визначених внесків України у бік інтенсифікації та посилення програм державної підтримки їх скорочення. Обґрунтовано, що для ефективною інтеграції важливо підтримувати 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.

Визначено, що використання диджиталізації сприяє підвищенню прозорості, оптимізації управління ресурсами та посилення впливу кліматичних ініціатив на національному рівні, сприяючи створенню спільних цифрових платформ для обміну кліматичними даними між Україною та ЄС..

Визначено стратегічні напрямки забезпечення кліматичної нейтральності в Україні в контексті впливу війни та євроінтеграційного процесу: стала диджиталізація, екологічна реабілітація та компенсація викидів, відбудова інфраструктури за принципами енергоефективності, розвиток альтернативної енергетики, оптимальне планування сировинної бази та ресурсів, зміцнення спроможності громад, розвиток екологічного та розумного виробництва, урбаністичне планування з урахуванням кліматичних викликів.

Запропоновано механізм кліматично-нейтрального повоєнного відновлення економіки України, який забезпечує широкий цільовий фокус, включаючи цифрове, економічне, інфраструктурне, соціальне і моніторингове інструментальне забезпечення. Показано, що у процесах відновлення важливу роль відіграє залучення інституцій, врахування міжгалузевого контексту

розвитку ключових індустрій, акцент на зеленій відбудові інфраструктури, зростанні енергоефективності. Провідну роль відіграє залучення бізнесу, особливо релокованого, до ініціатив кліматичної нейтральності та, водночас, посилення навичок і обізнаності в питаннях застосування цифрових технологій. Підкреслено, що в умовах відновлення перспективним напрямом є розвиток в Україні нового сегменту кліматичних-цифрових технологій для підвищення конкурентоспроможності у глобальному просторі та її репутаційної складової через розвиток таких ініціатив.

Основні наукові результати, представлені в розділі 5, опубліковано в таких працях автора: 39, 46, 59, 60, 106, 251, 255, 307, 397

ВИСНОВКИ

У дисертації вирішено важливу наукову проблему, що полягає в обґрунтуванні теоретико-методологічних засад, емпіричних та прикладних аспектів застосування диджиталізації у забезпеченні кліматичної нейтральності світової економіки шляхом визначення її ролі як драйвера, з особливим акцентом на розробку та впровадження відповідних положень для України.

За результатами дослідження сформовано висновки теоретико-методологічного та прикладного характеру.

1. Визначено концептуальні засади кліматичної нейтральності світової економіки з урахуванням дискурсу впливу кліматичних викликів на глобальну економічну систему. Обґрунтовано, що кліматична нейтральність постає фундаментальним напрямом розвитку світової економіки, що втілює ідею ефективної адресації деструктивних кліматичних викликів сучасною системою господарювання. Підкреслено наскрізність впливу зміни клімату на світову економіку у розрізі окремих економічних суб'єктів на макроекономічному, міжгалузевому, локальному та соціальному рівнях. Такий вплив проявляється у вагомих ризиках економічної стабільності та необхідності трансформації системи господарювання. Запропоновано розглядати поняття кліматичної нейтральності світової економіки у широкому цивілізаційному дискурсі як таке, що передбачає досягнення балансу в системі зниження-ліквідації-компенсації вуглецевого сліду світової економіки та потребує посилення системи наднаціонального кліматичного регулювання, що спирається на мультилатеральне залучення міжнародних економічних суб'єктів, гарантуючи збереження клімату на прийнятному рівні для всіх поколінь. Підкреслено, що таке трактування у цільовій площині закладає не тільки орієнтири досягнення чистого нуля викидів, але посилює аспект глобальної відповідальності та регулювання, що сприятиме розвитку міжнародних кліматичних політик у напрямку забезпечення збіжності зусиль країн у спільній боротьбі за кліматичну сталість.

2. Розвинуто теоретико-концептуальні засади сучасної візії диджиталізації. Обґрунтовано її роль як драйвера кліматичної нейтральності світової економіки, що реалізується у розрізі таких сфер як забезпечення системного моніторингу та контролю вуглецевого сліду на глобальному рівні та у розрізі окремих національних економік; нові можливості в координації міжнародних зусиль; формування технологічного базису цифрових рішень для забезпечення кліматичної нейтральності; фасилітація впровадження низьковуглецевих практик суб'єктами господарювання; прозорість та інформаційно-комунікаційний супровід. Показано, що на сучасному рівні цифрового розвитку та завдяки всеохоплюючому характеру впливу, диджиталізація пропонує ефективний інструментарій посилення стратегій декарбонізації, посилює прозорість кліматичного управління, допомагає дотримуватися екологічних стандартів та стимулює перехід до низьковуглецевих практик.

3. Систематизовано формотворчі віхи та процеси ко-еволюційної динаміки міжнародних зусиль у напрямку цифрового та кліматичного векторів глобального розвитку. Визначено аспекти їх взаємопосилення та синергії. Підкреслено, що ефективне впровадження принципів кліматичної нейтральності потребує посилення співпраці на глобальному рівні, наднаціонального кліматичного регулювання та мультилатерального залучення міжнародних суб'єктів до реалізації спільних ініціатив. Показано, що диджиталізація у цілому сприяє реалізації цих процесів. Визначено три рівні ко-еволюції: базовий, декларативний, інтегративний. Показано, що цифровий та кліматичний мегатренди мають спільні точки дотику: глобальний вплив, міжгалузевий характер та трансформація ринкових структур, публічно-приватне партнерство, стратегічна візія, перехід на нові бізнес-моделі, залежність від доступності, невідкладність. Водночас, ідентифіковано формотворчі відмінності між ними за рівнем зрілості, потребою у стимуляції, тривалістю отримання результатів, горизонтом планування, характером ризиків. Визначено аспекти синергії: формування запиту на нові кластери цифрових інновацій та їх адаптація до задач кліматичної нейтральності, стала

диджиталізація, інформаційна підтримка з фіксацією відповідальності, технологічне забезпечення кліматично-нейтрального розвитку. Показано, що у цілому наявна ко-еволюційна динаміка сприяє визначенню стратегічних вигод для світової економіки у площині підвищення міжнародної координації, технологічної ефективності та плануванні спільних ініціатив.

4. Побудовано методологічну канву дослідження глобального конструкту «диджиталізація – кліматична нейтральність» світової економіки на основі триангуляції наукових підходів. Показано, що такий комплексний підхід дозволяє поєднати три виміри дослідження проблеми: теоретичний, методичний та джерел даних. У межах теоретичного напрямку обрано світоглядні моделі для інтерпретації загальних зв'язків зеленого та цифрового розвитку світової економіки. Методичний напрям поєднав якісні та квантитативні методи; їх поєднання застосовано для ситуаційного аналізу на основі глобальних індексів, аналізу динаміки тенденцій макропоказників зеленого та цифрового розвитку, оцінки функціональних залежностей між ними. Підкреслено важливість вибору та поєднання джерел даних. Обрано класичні джерела міжнародних статистичних провайдерів зі спеціалізованими базами даних кліматично-цифрових проектів, кейсів глобальних кліматичних фондів. Показано, що такий підхід забезпечує комплексність дослідження через можливість широкої емпіричної перевірки та гнучкість інтерпретації завдяки комбінуванню методичного інструментарію.

5. Визначено інструментарій квантитативного аналізу кліматично-нейтральної економіки в контексті показників цифрового та зеленого розвитку, що дозволило сформулювати аналітичну основу для обґрунтування можливостей диджиталізації у сфері кліматичного регулювання. Аналіз охопив три основні блоки: 1) аналіз поточного стану цифрового та зеленого розвитку на основі співставлення глобальних індексів; 2) динамічний аналіз макропоказників для виявлення довгострокових тенденцій і закономірностей; 3) моделювання для виявлення ключових зв'язків та їх характеру. Дослідження бінарних пар індексів зеленого та цифрового розвитку показало, що у цілому у світі спостерігається

відчутна тенденція до зміцнення позицій країн у рейтингах зеленого майбутнього на тлі посилення процесів цифрової трансформації. Встановлено, що пряма залежність характерна для групи країн – зелених лідерів (Данія, Швеція, Нідерланди, Фінляндія, Франція); обернена - для групи країн, які значно відстають від кліматичних політик (Бангладеш, Пакистан, Іран, Нігерія, Єгипет, Колумбія). Водночас, ідентифіковано важливі розбіжності у групах країн, що підкреслюють складний взаємозв'язок між цифровим розвитком та досягненням кліматичної нейтральності. Показано значний розрив, який демонструють Сполучені Штати та Китай, що мають розвинену цифрову інфраструктуру та високий рівень цифрової якості життя, але при цьому демонструють відносно низькі показники індексу зеленого розвитку порівняно з країнами ЄС. Ситуація також характерна для країн Перської Затоки та Австралії.

6. Побудовано емпіричну модель світової кліматичної конвергенції, що дозволяє виявити тенденції зближення країн у напрямку кліматичної нейтральності. Обґрунтовано, що кліматична конвергенція є важливим індикатором для розуміння, у яких обсягах і наскільки швидко країни адаптуються до глобальних вимог зниження викидів, а також мультилатерально рухаються у цьому напрямку. Обґрунтовано інструментарій оцінки на основі класичних моделей бета- та сигма- конвергенції. Зокрема показано, що за останні десятиріччя відбулось часткове переміщення вуглецевого сліду світової економіки з країн ЄС та Північної Америки до країн південно-східної Азії, що на тлі зростання вуглецевої інтенсивності індустрій таких важкоговиків як Індія та Китай, ставить під загрозу досягнення нульових викидів у встановлені міжнародними угодами часові проміжки та показує, як диджиталізація може забезпечити транспарентність і моніторинг перебігу подібних процесів у міжнародному вимірі. Показано, що досягнення кліматичної нейтральності є питанням спільної відповідальності країн і визначається не стільки первинною вуглецевою інтенсивністю національної економіки, скільки поточними темпами і обсягами скорочення викидів. Окреслено фактори, що сприяють кліматичній конвергенції у цифровому, економічному, політичному та соціальному рівнях.

7. Виявлено конвергентні-дивергентні тенденції на рівні світової економіки та окремих галузей світової економіки. Проілюстровано, що нині сільське господарство та будівництво є галузями, для яких характерна позитивна конвергентна тенденція в наближенні до «чистого нуля» викидів одночасно за параметрами сигма- та бета- моделей. Ідентифіковано найбільш негативні дивергентні тенденції у розвитку світової енергетики та транспорту. Показано різну природу цього процесу: в енергетиці - на тлі одночасного зростання доступу до енергії країн з низьким рівнем доходу та одночасного збільшення частки відновлювальних джерел у структурі споживання рівномірно для країн з різних груп за рівнем економічного доходу; в транспортній галузі – за рахунок вирівнювання темпів декарбонізації між країнами, але збереження високої варіативності обсягів генерації. Здійснено позиціонування країн світу за групами: кліматичні агресори; актори зниження вуглецевого сліду економіки; нові забруднювачі; кліматичні маргінали. Модель конвергенції масштабовано для показників цифрового розвитку, визначено позиціонування країн в групах: цифрові гіганти; цифрові адаптери; цифрові спринтери; цифрові периферійники. У цілому обґрунтовано збіжність країн з високими показниками цифрового розвитку та позицію відносно руху до «чистого нуля». Показано, що ключовою умовою подолання розривів є скорочення розбіжностей між країнами за абсолютними значеннями макропоказників при одночасній підтримці динамічної рівноваги скорочення викидів.

8. Визначено напрямки рефреймінгу зеленого-цифрового переходу світової економіки у розрізі окремих галузей для забезпечення кліматичної нейтральності та посилення можливостей диджиталізації у цьому процесі. Показано, що кліматична нейтральність має розглядатися як інтегральний підхід до зеленого-цифрового переходу. Обґрунтовано, що в сучасних умовах він потребує інтенсифікації, загальними орієнтирами рефреймінгу є: інтеграція кращих практик диджиталізації у всі сектори економіки; низьковуглецеві бізнес-моделі; максимальне залучення суб'єктів господарювання до практик декарбонізації; врахування різної вуглецевої інтенсивності галузей для

ефективнішого перерозподілу ресурсів; використання цифрових інновацій для підвищення енергоефективності; підтримка циркулярних практик з оцінкою їх вуглецевої інтенсивності. Показано, що ефективними цифровими драйверами рефреймінгу є: для енергетики – розширення смарт-мереж для оптимізації енергоспоживання, зокрема через інтеграцію Інтернету речей та штучного інтелекту; для транспорту – перехід до електромобільної та відповідної інфраструктури, сервісів MaaS, впровадження інфраструктури, а також розвиток розумних транспортних систем; будівництва – підвищення енергоефективності будівель, моніторинг та впровадження цифрових двійників у процес конструювання.

9. Розвинуто концепцію сталої диджиталізації, спрямованої на гармонізацію зеленого-цифрового переходу світової економіки за орієнтирами кліматичної нейтральності. Визначено ключові дизраптори зеленого-цифрового переходу: інфраструктурні обмеження; цифровий розрив та відсутність необхідних навичок; нерівномірний доступ до технологій та інновацій; енергетичне навантаження та вуглецева інтенсивність цифрових технологій; невизначеність політики та регулювання у напрямку "нульових викидів"; обмеження міжнародної співпраці та інтеграції; дисонанс політик; фінансові бар'єри. Обґрунтовано, що стала диджиталізація сприяє пом'якшенню окреслених дизрапторів та гармонізації зеленого-цифрового переходу. Показано, що стала диджиталізація є центральною складовою гармонізації переходу поруч з такими елементами, як досягнення міжнародного консенсусу та системність і спрямованість інновацій. Систематизовано ключові принципи сталої диджиталізації, які включають: зменшення споживання енергії ІКТ та пов'язаних з цим викидів вуглецю; оптимізація матеріально-технічної бази для функціонування цифрової інфраструктури; зменшення електронних відходів через впровадження циркулярних практик; інтеграція сталих цифрових технологій в бізнес-моделі; боротьба з дезінформацією; захист прав людини та забезпечення екологічної справедливості.

10. Визначено системні напрямки реалізації міжнародних кліматично-цифрових проєктів та особливості їх міжрегіональної диференціації. За фокусом отриманих результатів визначено такі просторові сфери: сільське господарство та продовольчі системи; управління енергією; циркулярні практики та управління ресурсами; інфраструктура розумного міста та управління будівлями; екологічний моніторинг та збереження екосистем; дані та цифрові інструменти для клімату. Незважаючи на те, що попит на такі рішення відрізняється в різних регіонах, ЄС та США є беззаперечними лідерами у розробці цифрових рішень для кліматичних ініціатив. Водночас, їх найбільші реципієнти - країни Африки – демонструють низьку спроможність у самостійній реалізації таких програм. Обґрунтовано, що характер партнерства є вагомим чинником реалізації кліматично-цифрових проєктів, що підтримуються переважно приватним сектором, громадськими організаціями, широкими консорціумами, моделями публічно-приватного партнерства, демонструючи адаптивність та універсальну застосовність. Визначено, що інтеграція диджиталізації у міжнародні кліматичні ініціативи сприяє координації зусиль на глобальному рівні, забезпечуючи прозорість і відстежуваність у процесі досягнення кліматичної нейтральності.

11. Розроблено концепт цифрового каркасу кліматично-нейтральної економіки. Показано, що диджиталізація пропонує комплекс ефективних рішень для підтримки ініціатив забезпечення кліматичної нейтральності світової економіки. Підкреслено, що штучний інтелект, машинне навчання, спільні ІТ-платформи та блокчейн є стратегічно важливими цифровими технологіями для досягнення кліматично нейтральних цілей. Ці цифрові рішення часто застосовуються окремо або в поєднанні з іншими технологіями в рамках кліматично-цифрових проєктів. З іншого боку, використання супутників, датчиків, дронів, дистанційного зондування потребує додаткової підтримки і часто інтегрується з іншими ІТ-технологіями. Така диференціація відображає нинішній акцент світової економіки на адаптаційних стратегіях, у той час як у майбутньому кліматично-цифрові ініціативи можуть

переорієнтуватися на моделювання поведінкових змін та інші цифрові інновації. Підкреслено, що запропонований цифровий каркас може інтегруватися в стратегії цифрового розвитку країн у якості орієнтиру для посилення потенціалу їх готовності до втілення програм кліматичної нейтральності. Концепт пропонується до використання при плануванні стратегій технологічного та інноваційного забезпечення кліматичної нейтральності на глобальному та національному рівні.

12. Сформовано модель розвитку кліматично-нейтральної економіки на засадах інтеграції можливостей диджиталізації та емпіричного досвіду глобального кліматичного фінансування. Показано, що підтримка міжнародних фінансових інституцій, особливо у сфері зеленого фінансування, має вирішальне значення для сприяння реалізації кліматично-нейтральних ініціатив, особливо в країнах, що розвиваються та потребують підтримки їх кліматичних зусиль. Виділено 4 ключові сегменти моделі: "диджиталізація для клімату"; "фінансова спроможність та підтримка зеленого переходу бізнесу"; "розширення прав і можливостей громад"; "переосмислення розвитку екосистем". Показано наскрізну роль цифрової трансформації та її механізми в реалізації цих напрямків. Визначено рольові функції ключових суб'єктів моделі. Підкреслено важливість покращення цифрової інтеграції, впровадження управління кліматом на основі даних, підтримки зелених стартапів, подолання цифрового розриву та сприяння міжсекторальній співпраці.

13. Визначено передумови формування кліматично-нейтральної економіки України в контексті показників зеленого та цифрового розвитку. Визначено, що процес досягнення кліматичної нейтральності в Україні формується під впливом кількох тенденцій, ключовими з яких є інтеграція принципів сталої диджиталізації, євроінтеграційний процес, вплив війни та планування відновлення. Підкреслено, що кліматична нейтральність має розглядатися у канві національних інтересів України, що потребує рішучих змін у підходах до виробництва та розвитку кліматичних політик. У цьому контексті пропонується розглядати диджиталізацію як драйвер реалізаційного посилення цих

трансформацій. Проаналізовано позиціонування України в системі індексів зеленого та цифрового розвитку. Обґрунтовано, що Україна має достатній базис для розвитку цифрового потенціалу, але потребує значного стрибка для зміцнення на рівні країн ЄС. Показано, що найбільший прогрес спостерігається за рівнем ІКТ, у той час як цифрова якість життя та цифрова конкурентоспроможність практично не демонструють зростання. Виявлено ознаки негативного ефекту «гарячого повітря» в економіці України, для якого характерно зниження викидів на тлі зростання вуглецевої інтенсивності ВВП, що свідчить про необхідність перегляду стратегічної рамки кліматичної нейтральності та ознаки дивергентних процесів відносно світової динаміки.

14. Проаналізовано аспекти реалізації кліматичного курсу України-ЄС. Показано можливості диджиталізації для посилення цього напрямку євроінтеграційного процесу. Підкреслено необхідність перегляду національно-визначених внесків України у бік інтенсифікації та посилення програм державної підтримки їх скорочення. Обґрунтовано, що для ефективної інтеграції важливо підтримувати 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. Визначено, що використання диджиталізації допоможе підвищити прозорість, оптимізувати управління ресурсами та посилити вплив кліматичних ініціатив на національному рівні, сприяючи створенню спільних цифрових платформ для обміну кліматичними даними між Україною та ЄС. Визначено орієнтири розвитку кліматичних політик України та ЄС для подальшої побудови стратегічної рамки кліматичної нейтральності.

15. Сформовано механізм повоєнного відновлення економіки України на засадах диджиталізації для забезпечення кліматичної нейтральності національної економіки. Систематизовано наслідки впливу російсько-Української війни у розрізі створення додаткового вуглецевого навантаження для національної економіки, яке складає понад 40% довоєнного рівня.

Обґрунтовано складові механізму відповідно до визначених аспектів відновлення (регуляторний, секторальний, інноваційний, фінансовий, соціальний, інтеграційний). Показано, що реалізація механізму охоплює напрямки: цифрова трансформація процесів відновлення, зелена відбудова інфраструктури, реформування енергетики, залучення бізнесу, міжнародна співпраця і координація. У механізм закладено цільові орієнтири, що у підсумку спрямовано на досягнення скорочення викидів парникових газів до «чистого нуля». Підкреслено, що реалізація такого механізму в Україні спирається на модернізацію виробництва; повсюдну диджиталізацію процесів управління відбудовою економіки; створення кліматично стійкої та розумної інфраструктури внаслідок здійснення повоєнної модернізації; акцент на розвиток напрямку кліматичних-цифрових технологій в ІТ індустрії України; підвищення конкурентоспроможності України у глобальному просторі та її репутаційної складової через розвиток таких ініціатив.

Одержані в процесі дослідження наукові результати прийнято до впровадження: Міністерством розвитку громад, територій та інфраструктури України; Комітетом Верховної Ради України з питань цифрової трансформації; Комітетом Верховної Ради України з питань екологічної політики та природокористування; представництвом міжнародної організації з безпеки та співробітництва в Європі ОБСЕ; міжнародною організацією PAEW; Українською асоціацією Римського клубу; Торгово-промисловою палатою м. Києва; Фондацією інституційного розвитку FID; виконавчим комітетом Криворізької міської ради; Українською гірничодобувною компанією; міжнародною інвестиційною компанією ZAS Ventures; дочірньою компанією міжнародної корпорації ПАТ АрселорМітталКР, а також використано у навчальному процесі Державного університету економіки і технологій та навчальних програмах з підвищення кваліфікації державних службовців, погоджених Національним агентством України з питань державної служби (Додаток Р).

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аналітичний огляд другого національно визначеного внеску України до Паризької Угоди. Київ: Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України, 2021. 57 с. URL: <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/07/Analitchnyj-oglyad-NVV-lypen-2021.pdf>
2. Підтримка Уряду України щодо оновлення національно-визначеного внеску: резюме проєкту ЄБРР. Київ: ДУ Інститут економіки та прогнозування НАН України, 2020. 11 с. URL: <https://www.ebrd.com/ukraine-es-ukr.pdf>
3. Звіт про виконання Угоди про асоціацію між Україною та ЄС за 2023 рік. Урядовий портал, 2023. 129 с. URL: <https://www.kmu.gov.ua/diyalnist/yevropejska-integraciya/vikonannya-ugodi-pro-asociaciyu/zviti-pro-vikonannya-ugodi-pro-asociaciyu>
4. Про схвалення Концепції розвитку цифрових компетентностей до 2025 року: Розпорядження КМУ від 3.03.2021 р. URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-shvalennya-koncepciyi-rozvitku-cifrovih-kompetentnostej-ta-zatverdzhennya-planu-zahodiv-z-yiyi-realizaciyi-167-030321>
5. Національний план з енергетики та клімату на період до 2030 року: КМУ від 25.06.2024 р, № 587-р. URL: <https://me.gov.ua/view/bb0b9ef5-ea96-4b8a-8f2f-471faf32c9df>
6. Про електронні комунікації: Закон України від 16.12.2020 № 1089-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1089-20#Text>
7. Про затвердження переліку показників Індексу цифрової економіки та суспільства DESI. Розпорядження КМУ №774-р від 5 вересня 2023р.
8. Про Національну програму інформатизації: Закон України від 04.02.1998 № 74/98-ВР. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/74/98-%D0%B2%D1%80#Text>
9. Про основні засади державної кліматичної політики: Закон України від 08.10.2024 №3991-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3991-IX#Text>
10. Про схвалення Концепції реалізації державної політики у сфері зміни клімату на період до 2030 року: Розпорядження КМУ від 07.12.2016 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/932-2016-%D1%80#Text>

11. Про схвалення Стратегії екологічної безпеки та адаптації до зміни клімату на період до 2030 року: Розпорядження КМУ від 20.10.2021 р. № 1363-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1363-2021-%D1%80#Text>
12. Про схвалення Стратегії екологічної безпеки та адаптації до зміни клімату на період до 2030 року: Розпорядження КМУ №1363-р від 20.10.2021
13. Стратегія здійснення цифрового розвитку, цифрових трансформацій і цифровізації системи управління державними фінансами на період до 2025 року: Розпорядження КМУ від 17.11.2021 р. № 1467-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1467-2021-%D1%80#n15>
14. Стратегія формування та реалізації державної політики у сфері зміни клімату на період до 2035 року: Розпорядження КМУ від 30.05.2024. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/483-2024-%D1%80#n16>
15. Угода між Україною та Європейським Союзом про участь України у Програмі ЄС LIFE - Програмі дій з довкілля та клімату: ратифіковано Законом № 2590-IX від 20.09.2022 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_002-22#Text
16. Угода між Україною та Європейським Союзом про участь України у програмі Європейського Союзу «Цифрова Європа» (2021-2027) : ратифіковано Законом № 2926-IX від 23.02.2023 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_005-22#Text
17. 94 проекти цифрової трансформації в Україні: публічний портал Міністерства цифрової трансформації України. URL: <https://plan2.diiia.gov.ua/projects>
18. Бакушевич І. В., Мартиняк І. О. Вплив ІІІ-технологій на сталий розвиток фірм. *Інклюзивна економіка*. Вип. 2 (04), 2024. С. 5-9.
19. Біла І.С., Ілюхіна В.В. Економіка війни в Україні: наслідки та можливі конкурентні переваги в повоєнний період. *Економіка та суспільство*. 2024. Вип. 59. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-59-160>
20. Біла С. Стратегічні пріоритети цифровізації суспільного виробництва: світовий досвід. *Економічний вісник університету*. Вип. 48, 2021. С. 40-55. DOI: 10.31470/2306-546X-2021-48-40-55

21. Борисяк О., Брич В. Методичний підхід до оцінювання управлінської моделі просування «зелених» енергетичних послуг у контексті розбудови ‘розумних’ енергетичних мереж. *Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice*. Вип. 4 (39). С. 302-309. DOI:10.18371/fcaptr.v4i39.241319.
22. Веклич О. О. Концептуальна модель платежів за екосистемні блага: науковий пошук нових інструментів екологічної компенсації у повоєнний період. *Економіка України*. 2023. № 3. С. 73—90. <https://doi.org/10.15407/economyukr.2023.03.073>
23. Вплив механізму вуглецевого коригування імпорту (СВАМ) на торгівлю України з ЄС [Аналітичний документ] / ред. Хабатюк О., Андрусевич А. Ресурсно-аналітичний центр «Суспільство і довкілля», 2021. URL <https://rac.org.ua/vstup-do-yes-uk/yevropejskyj-zelenyj-kurs/vplyv-mehanizmu-vugleczevogo-koryguvannya-importu-cbam-na-torgivlyu-ukrayiny-z-yes/>
24. Вплив російської війни в Україні на клімат : Звіт Екодія / Клерк та ін. 2023. URL: <https://ecoaction.org.ua/vplyv-rosijskoi-vijny-v-ukraini-na-klimat.html>
25. Гайдуцький, І. П. Дуалістична політика державної підтримки сталого низьковуглецевого розвитку. *Економіка та держава*. 2016. Вип.10. С.34-37. URL: http://www.economy.in.ua/pdf/10_2016/9.pdf
26. Гайдуцький, І. П. Низьковуглецевий розвиток: глобальні інструменти мотивації. *Інвестиції: практика та досвід*. 2017. Вип.2. С.22-26. URL: http://www.investplan.com.ua/pdf/2_2017/6.pdf
27. Галасюк В.В. Концептуальні засади трансформації економіки України: монографія. Київ: Національна академія управління, 2019. 188 с.
28. Гальцова О., Трохімець О., Носатов І. Диджиталізація розвитку національної економіки. *Цифровізація економіки як фактор економічного зростання*: монографія / ред. Гальцової О. Запоріжжя, 2021. 260 с.
29. Горбач Л., Рубан О., Гуменюк Я. Зелена економіка та стале виробництво в умовах глобалізації. *Економіка та суспільство*. 2024. №59. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-59-8>

30. Гуцалюк В. Особливості застосування нормативної сили ЄС для утвердження кліматичних цінностей в Україні. *Political and Legal Studies*. Vol. 1, Issue 1. 2022. P. 38–48. DOI: 10.15804/CPLS.20221.04
31. Забезпечення сталого розвитку України в контексті глобального партнерства: монографія / Петкова Л. О. та ін. Черкаси, 2019. URL: <https://er.chdtu.edu.ua/handle/ChSTU/1237>
32. Загальна сума збитків, завдана інфраструктурі України, зросла до майже 155 млрд дол. США: оцінка KSE спільно з Міністерством розвитку громад, територій та інфраструктури, станом на січень 2024 року. URL: <https://kse.ua/ua/about-the-school/news/zagalna-suma-zbitkiv-zavdana-infrastrukturi-ukrayini-zrosla-do-mayzhe-155-mlrd-otsinka-kse-institute-standom-na-sichen-2024-roku>
33. Зварич І. Я. Глобальна циркулярна економіка: «економіка ковбоїв» vs «економіка космічного корабля»: монографія. Тернопіль: ТНЕУ, 2019. URL: <http://dspace.wunu.edu.ua/handle/316497/37230>
34. Зварич Р., Зварич І. Розширена відповідальність виробника в концепції розвитку циркулярної економіки. *Світ фінансів*. 2019. №. 3. С. 74-86. URL: <http://sf.wunu.edu.ua/in-dex.php/sf/article/view/1246/1249>
35. Звіт про прямі збитки інфраструктури та непрямі втрати економіки від руйнувань внаслідок військово-вої агресії Росії проти України станом на червень 2023 року : аналітичний звіт. Київ: Інститут Київська Школа Економіки, 2023. URL: https://kse.ua/wp-content/uploads/2023/09/June_Damages_UKR_Report.pdf
36. Івасечко О. Я., Мельник Б. П. Стратегія кліматичної політики “Green Deal”: особливості імплементації у ЄС та в Україні. *Регіональні студії*. Вип. 26. 2021. С.43-48.
37. Кожушко Л., Борисяк О., Брич В. Кліматично-нейтральні інвестиційні проекти у контексті збереження навколишнього середовища та енергетичної безпеки. *Журнал європейської економіки*. Вип. 22 (1), 2023. С. 111-127.
38. Косович Б. І. Диджиталізація як інноваційний тренд у забезпеченні сталого розвитку. *Цифровізація економіки як фактор економічного зростання*:

монографія / ред. Гальцової О. Запоріжжя, 2021. 260 с. URL: <https://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi79/0059443.pdf>

39. Крисоватий А., Максимова І., Куриляк В. Кліматично-нейтральна економіка: глобальна візія та цифрові механізми досягнення : монографія. Тернопіль: ЗУНУ, 2024. 305 с.
40. Купчак В. Р., Павлова О. М., Павлов К. В., Лагодієнко, В. В. Формування та регулювання регіональних енергетичних систем: теорія методологія та практика : монографія. Луцьк: Волиньполіграф, 2019. 347 с. URL: <https://evnuir.vnu.edu.ua/handle/123456789/16582>
41. Ліщинський І. О., Лизун М. В. Циркулярні кластери центральної та східної Європи: каталізатор стимулювання сталого розвитку. Інноваційна економіка. Вип. 3. 2024. С. 5-11.
42. Максимова І. Цифрові імперативи розвитку кліматично-нейтральної економіки. *Міжнародна економіка в умовах кліматичних змін: глобальні виклики*: матеріали III Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Тернопіль, 26 квіт. 2024 р.) Тернопіль: ЗУНУ, 2024. С. 43-47.
43. Максимова І. Digitalization as a Tool for the Green Economy Transition in the Context of Climate Change. *Фундаментальні зсуви геоекономічної системи світу*: матеріали Міжнар.наук.-практ. інтернет-конф. (м. Київ, 20 груд. 2022 р.) Київ: НАН України, 2022
44. Максимова І. Strategic framework of digital transformation towards climate-neutral economy. *Цифрова економіка та економічна безпека*. 2024. Вип. 4 (13). Р. 173-180. DOI: <https://doi.org/10.32782/dees.13-26>
45. Максимова І. Strategic reframing of green-digital transition in the context of climate neutrality and global externalities. *Економіка країни в умовах глобальних викликів: наукові підходи та практика реалізації*: матеріали Міжнар.наук.-практ. конф. (м. Одеса, 6 вер. 2024 р.) Одеса: ОНУ ім. І.І. Мечникова, 2024. С. 208-214. DOI: <https://doi.org/10.36059/978-966-397-415-6-50>
46. Максимова І. Ukraine's post-war recovery in line with global benchmarks for developing a climate-neutral economy. *Реформування та стабілізація економіки в*

- контексті міжнародного співробітництва: матеріали Міжнар.наук.-практ. конф. (м. Одеса, 25 жовт. 2024 р.) Одеса: ОНУ ім. І.І. Мечникова, 2024
47. Максимова І. Адаптація світової економіки до зміни клімату: фінансовий та цифровий аспекти. *Адаптивне управління: теорія і практика. Серія: Економіка*. 2024. Вип. 19 (38). DOI: [https://doi.org/10.33296/2707-0654-19\(38\)-23](https://doi.org/10.33296/2707-0654-19(38)-23)
48. Максимова І. Діджиталізація як важіль досягнення кліматичних орієнтирів світової економіки. *Економічний і соціальний розвиток України в ХХ столітті: національна візія та виклики глобалізації*: міжнар. наук.-практ. конф. (м. Тернопіль, 19 трав. 2023 р.) Тернопіль: ЗУНУ, 2023. С. 732-736.
49. Максимова І. Еволюція міжнародних зусиль у формуванні кліматичного вектору світової економіки. *Економіка та суспільство*. 2024. Вип. 64. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-64-109>
50. Максимова І. Європейський ракурс гармонізації цифрової та зеленої трансформації світової економіки. *Ефективна економіка*. 2024. Вип. 3. DOI: <https://doi.org/10.32702/2307-2105.2024.3.42>
51. Максимова І. Концепт сталої діджиталізації як базис зеленого-цифрового переходу до кліматично-нейтральної економіки. *Економічні горизонти*. 2024. №2-3 (28). С. 235–248. DOI: [https://doi.org/10.31499/2616-5236.3\(28\).2024.310264](https://doi.org/10.31499/2616-5236.3(28).2024.310264)
52. Максимова І. Парасольковий підхід в управлінні кліматичними змінами: як діджиталізація визначає зелене майбутнє економіки. *Актуальні проблеми управління соціально-економічними системами*: матеріали ІХ Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. (м. Луцьк, 15 груд. 2024 р.) Луцьк: ЛНТУ, 2023. С. 62-65.
53. Максимова І. Роль діджиталізації у підтримці глобальних ESG-ініціатив: перехід міжнародного бізнесу до кліматичної нейтральності. *Інвестиції: практика та досвід*. 2024. Вип. 6. С. 103-110. DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6814.2024.6.103>
54. Максимова І. Світова економіка в умовах зміни клімату. *Науковий вісник Міжнародної асоціації науковців. Серія: економіка, управління, безпека, технології*. 2024. Т. 3. № 3. DOI: <https://doi.org/10.56197/2786-5827/2024-3-3-1>
55. Максимова І. Синергія цифрової та зеленої трансформації у формуванні кліматично нейтральної економіки. *Актуальні проблеми управління соціально-*

економічними системами: Матеріали X Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. (м. Луцьк, 15 груд. 2022 р.) Луцьк: ЛНТУ, 2022

56. Максимова І. Цифрова трансформація світової економіки. *Глобальна економіка: становлення, трансформації, виклики : підручник* / ред. В.Кулішова. Прага: OKTAN PRINT, 2023. 500 с. DOI: 10.46489/GE23UA-01 URL: <https://www.oktanprint.cz/p/global-economy-ua/>

57. Максимова І., Іщук О., Слободян Н. Зелена енергетика як ключовий елемент зеленої економіки: стратегії розвитку та вплив на енергетичну безпеку. *Наукові перспективи*. 2024. Вип. 8 (50). С. 480-492. DOI: [https://doi.org/10.52058/2708-7530-2024-8\(50\)-480-492](https://doi.org/10.52058/2708-7530-2024-8(50)-480-492)

58. Максимова І., Куриляк В. Digitalization and decarbonization: aspects of synergy in the EU industries. *Економіка та суспільство*. 2024. Вип. 67. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-67-157>

59. Максимова І., Куриляк В. Діджиталізація світової індустрії у контексті забезпечення кліматичної нейтральності. *Журнал європейської економіки*. 2022. Вип. 21 (3). С. 353-370. URL: <https://jeej.wunu.edu.ua/index.php/ukjee/article/view/1609>

60. Максимова І., Петрішина Т., Бай О. Business eco-vision: climate-neutrality in terms of digitalization and green marketing. *Вчені Записки*. 2024. Вип. 35 (2). С. 71-85. DOI: 10.33111/vz_kneu.35.24.02.07.047.053 URL: [https://vz.kneu.ua/archive/2024/35\(2\)/contents](https://vz.kneu.ua/archive/2024/35(2)/contents)

61. Мельник Л.Г., Калініченко Л.Л., Ковальов Б.Л., Розгон Ю. В., Дорошенко Г.О. Цифровий вектор інтеграції України в ЄС: воєнні виклики сьогодення. *Наукові праці Міжрегіональної академії управління персоналом. Економічні науки*. 2023. Вип. 3 (70). С. 18-26. DOI <https://doi.org/10.32689/2523-4536/70-3>

62. Метеленко Н. Г., Оглобліна В. О., Сумма В. С. Повоєнне «зелене» відновлення України: енергетичний перехід. *Інноваційно-інвестиційний механізм забезпечення конкурентоспроможності країни*. 2022. С. 93-108. DOI: <https://doi.org/10.36059/978-966-397-255-8-5>

63. Національний план відновлення України : офіційний урядовий портал. URL: <https://recovery.gov.ua/>
64. Орехова, Т. Циркулярна економіка як глобальний імператив. *Журнал європейської економіки*. 2019. Вип. 18(4). Р.360-371. URL: <https://jeej.wunu.edu.ua/index.php/ukjee/article/view/1422/1413>
65. Оцінка впливу війни на мікро-, малі та середні підприємства в Україні: аналітичний звіт. Міністерство економіки України, Center of economic recovery, UNDP. 2024. URL: <https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2024-04/undp-ua-smb-2024.pdf>
66. Павлова О. М., Павлов К. В., Спас В. В., Полторак О. В. Моніторинг процесів енергозбереження у соціально-економічних системах. Всеукраїнський науковий журнал «Актуальні проблеми інноваційної економіки та права». 2023. № 3. DOI: <https://doi.org/10.36887/2524-0455-2023-3-1>
67. Резнікова, Н.В. Політекономія допомоги в контексті повоєнного відновлення економіки України. Міжнародна економіка в умовах кліматичних змін: пандемічний та пост пандемічний період: зб. тез доп. Міжнар. наук.-практ. конф. студ. та молод. вчених (Тернопіль, 11 квіт., 2022 р.). Тернопіль: ЗУНУ, 2022. С. 17-21.
68. Самойлюк М. Трекер економіки України під час війни : цифровий аналітичний портал. Центр економічної стратегії. URL: <https://ces.org.ua/tracker-economy-during-the-war/>
69. Сімахова А. Повоєнна соціалізація економіки України в умовах євроінтеграції. *Економічний простір*. 2024. Вип. 194. С. 128-131.
70. Сохацька О. М., Микитюк М. В. Економічний розвиток країн Європи: екологічний аспект. *Вісник Черкаського торговельно-економічного інституту. Економічні науки*. 2016. С. 221-233
71. Сталий розвиток України в контексті формування нового світового економічного і фінансового порядку : монографія / А. І. Крисоватий, Є. В. Савельєв, А. Д. Войцещук [та ін.] ; за наук. ред. А. І. Крисоватого, Є. В. Савельєва. Тернопіль, 2019. 484 с.

72. Стохастичне моделювання дорожньої карти гармонізації вітчизняних та європейських стандартів регулювання енергетичного ринку на шляху переходу до циркулярної та вуглецево-нейтральної економіки/ Пімоненко та ін. Суми, 2021. 125 с. URL:
https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/87408/1/Pimonenko_1649.pdf
73. Фрайер Е., Ліщинський І., Лизун М. Розвиток відновлювальної енергетики: досвід Східної Німеччини для України. Журнал європейської економіки. 2021. Вип. 20 (3). С. 464-483.
74. Чала В. С. Діджиталізація та інтелектуалізація як важливі економічні закономірності зеленої трансформації світового виробництва. *The 16 th International scientific and practical conference “Modern directions of scientific research development”* (Chicago, USA, September 7-9, 2022). Chicago, 2022. P. 341.
75. Чала В. С. Концептуальна модель зеленої економіки у фреймі глобальних суспільних благ та сталого розвитку. *Підприємництво та інновації*. 2022. Вип.25. С.13-20. DOI: <https://doi.org/10.32782/2415-3583/25.2>
76. Чала В. С. Повоєнна розбудова в Україні зеленої економіки: основні сценарії. *Держава та регіони. Серія: Економіка і підприємництво*. Вип. 1. (127). 2023. С. 12-18.
77. Швиданенко Г. О., Швиданенко О. А. Модернізація економіки України в контексті післявоєнного відродження: стратегічні напрями, інструментарій, пріоритети. *Вчені записки*. Київ : КНЕУ, 2022. Вип. 28. С. 81–90.
78. Шубалий О. М., Косінський П. М. Економічне стимулювання комплексної переробки природних ресурсів у регіоні: *монографія*. Луцьк: ІВВ Луцького НТУ, 2019. 218 с.
79. Яценко О., Швиданенко О., Швиданенко Г. Циркулярна економіка як основа забезпечення сталого розвитку країни в контексті євроінтеграції. *Науковий журнал «Економіка і регіон»*. 2022. №4 (87). С.150-167. DOI: [https://doi.org/10.26906/EiR.2022.4\(87\).2794](https://doi.org/10.26906/EiR.2022.4(87).2794)
80. A Clean Planet for all - A European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy: Communication from European

Commission, 773 final. Brussels, 2018. 25 p. URL: https://climatecooperation.cn/wp-content/uploads/2019/06/com_2018_733_analysis_in_support_en_0.pdf

81. A global analysis of heat-related labour productivity losses under climate change—implications for Germany’s foreign trade/ Knittel N. et al. *Climatic Change*. 2020. Vol.160. P. 251-269. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10584-020-02661-1>

82. A National strategic plan for advanced manufacturing/ Holdren and etc. US National Science and Technology Council. 2012. Washington, DC. URL: https://www.manufacturing.gov/sites/default/files/2018-01/nstc_feb2012.pdf

83. A New Circular Vision for Electronics, Time for a Global Reboot. *World Economic Forum*. 2019. URL: <https://www.weforum.org/reports/a-new-circular-vision-for-electronics-time-for-a-global-reboot>

84. A New Industrial Strategy for Europe. Brussels: European Commission, 2020. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52020DC0102>

85. A portrait of the different configurations between digitally-enabled innovations and climate governance/ Chuard et al. *Earth System Governance*. 2022. No.13, 100147. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.esg.2022.100147>.

86. A sustainable development pathway for climate action within the UN 2030 Agenda/ Soergel B. et al. *Nature Climate Change*. 2021. Vol.11(8). P.656-664. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01098-3>.

87. Abduljabbar R. L., Liyanage S., Dia, H. The role of micromobility in shaping sustainable cities: A systematic literature review. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 2021. №92. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.102734>

88. Accelerating the discovery of materials for clean energy in the era of smart automation/ Tabor D. et al. *Nature Reviews Materials* 2018. Vol.3. P.5-20. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41578-018-0005-z>.

89. Accounting for ecosystems and their services in the European Union (INCA)/ Vysna V. et al. *Publications Office of the European Union*. 2021 edition. URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/en/web/products-statistical-reports/-/ks-ft-20-002>

90. Action Plan for a Sustainable Planet in the Digital Age. Nairobi: Coalition for Digital Environmental Sustainability (CODES), 2022. 56 p.
91. Addressing climate change with behavioral science: A global intervention tournament in 63 countries/ Vlasceanu M. et al. *Science Advances*. 2024. Vol.10(6). DOI: <https://doi.org/10.1126/sciadv.adj5778>.
92. Aiming higher to bend the curve of biodiversity loss/ Mace G. et al. *Nature Sustainability*. 2018. Vol.1(9). P.448–451. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0130-0>
93. Alkaraan F., Albitar K., Hussainey K., Venkatesh V. G. Corporate transformation toward Industry 4.0 and financial performance: The influence of environmental, social, and governance (ESG). *Technological Forecasting and Social Change*. 2022. T. 175, P.121-143. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121423>
94. Alonso A., Marques J. Financial Innovation for a Sustainable Economy. *AARN: Political Ecology (Topic)*. 2019. DOI: <https://doi.org/10.2139/ssrn.3471742>
95. Alqudah M. The Impact of Climate Change on International Trade. *International Journal of Legal & Comparative Jurisprudence Studies (LCJS)*. 2023. №4(1). DOI: <https://doi.org/10.31559/lcjs2023.4.1.6>
96. Alvi S., Jamil F., Ahmed A. Assessing the impact of global warming on productivity in emerging economies of Asia. *International Journal of Global Warming*. 2021. Vol. 24. No. 2. <https://doi.org/10.1504/ijgw.2021.10039065>.
97. An empirical investigation on the transition process toward a green economy/ Batrancea L. et al. *Sustainability*. 2021. №13(23), 13151. DOI: <https://doi.org/10.3390/su132313151>
98. An EU fund for a just transition —What it should be and why it matters. *WWF*. 2019. URL: <https://www.wwf.eu/?349035/An-EU-fund-for-a-justtransition---what-it-should-be-and-why-it-matters>
99. An integrated conceptual framework for the assessment of transitions towards a circular climate-neutral society/ Bos H. et al. Wageningen University & Research. 2021. DOI: <https://doi.org/10.18174/557449>

100. Andrae A. New perspectives on internet electricity use in 2030. *Engineering and Applied Science Letter*. 2020. Vol.3(2). P.19-31. DOI: DOI:10.30538/psrp-easl2020.0038
101. Andrae A.S.G. New perspectives on internet electricity use in 2030. *Engineering and Applied Science Letters (EASL)*. 2020. №3(2), P.19-31. DOI: <https://doi.org/10.30538/psrp-easl2020.0038>.
102. Andre P., Boneva T., Chopra F., Falk A. Globally representative evidence on the actual and perceived support for climate action. *Nature Climate Change, Nature*. 2024. Vol. 14(3), P. 253-259. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41558-024-01925-3>. URL: <https://www.nature.com/articles/s41558-024-01925-3>
103. Annual economic damage caused by climate-related extremes in EEA member countries. *European Environment Agency*. 2023. URL: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/annual-economic-damage-caused-by-1>
104. Ari I., Isik M. Assessing the Performance of the Developing Countries for the Utilization of the Green Climate Fund. *Frontiers in Climate*. 2022. №4, 813406. DOI: <https://doi.org/10.3389/fclim.2022.813406>
105. Arora N. Impact of climate change on agriculture production and its sustainable solutions. *Environmental Sustainability*. 2019. №2. P. 95-96. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42398-019-00078-w>.
106. Artemenko Y., Hovorov Y., Maksymova I., Kostiuk V., Zienkin M. The impact of conflict on contemporary global dynamics: integration, globalisation, and polarisation trends. *Multidisciplinary Reviews*. 2024. Vol. 7. DOI: <https://10.31893/multirev.2024spe030>
107. Assessing greenhouse gas emissions and energy consumption in SMEs: Towards a pilot dashboard of SME greening and green entrepreneurship indicators : OECD SME and Entrepreneurship Papers, No. 42. Paris: OECD Publishing, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1787/ac8e6450-en>.
108. Assessing the potentials of digitalization as a tool for climate change adaptation and sustainable development in urban centres/ Balogun A. et al. *Sustainable Cities and Society*. 2020. №53, 101888. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101888>

109. Barbier E. B. The green economy post Rio+ 20. *Science*. 2012. Vol. 338(6109), P. 887-888. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1227360>
110. Barik N. Global research on digital divide during the past two decades: a bibliometric study of Web of Science indexed literature. *Global Knowledge, Memory and Communication*. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1108/gkmc-08-2022-0207>
111. Baumli K., Jamasb T. Assessing private investment in African renewable energy infrastructure: A multi-criteria decision analysis approach. *Sustainability*. 2020. №12(22), 9425. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12229425>
112. Becoming a digital disruptor. How national tech champions can ignite economic growth: research report. PwC, 2022. URL <https://www.strategyand.pwc.com/m1/en/strategic-foresight/sector-strategies/technology/becoming-a-digital-disruptor/national-tech-champions.pdf>
113. Benkhodja M. T., Fromentin V., Ma X. Macroeconomic effects of green subsidies. *Journal of Cleaner Production*. 2023. №410, 137166. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137166>
114. Bergez J. Supporting Europe's transition to climate-neutral farming. *Open Access Government*. 2023. DOI: <https://doi.org/10.56367/oag-039-10893>
115. Biden J. Remarks by President Biden at the Virtual Leaders Summit on Climate. Session 2: Investing in Climate Solutions. The White House. 2021. URL: <https://www.state.gov/leaders-summit-on-climate-remarks-and-releases/>
116. Big data and its V's with IoT to develop sustainability/ Chu et al. *Scientific Programming*. 2021. No.(1), 3780594. DOI: <https://doi.org/10.1155/2021/3780594>.
117. Bilal A., Känzig D. R. Unveiling the Macroeconomic Impact of Climate Change: Global vs. Local Temperature. *NBER WORKING PAPER SERIES*. 2024. No. 32450. URL: <https://www.nber.org/papers/w32450>
118. Binet F., Saunier F., Margni M. 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. *Frontiers in Sustainability*. 2021. No. 2. DOI: <https://doi.org/10.3389/frsus.2021.738890>.
119. Bitcoin Energy Consumption Index. Digiconomist, 2023. URL: <https://digiconomist.net/bitcoin-energy-consumption>

120. Bloomberg J. Digitization, Digitalization, And Digital Transformation: Confuse Them At Your Peril. *Forbes*. URL: <https://www.forbes.com/sites/jasonbloomberg/2018/04/29/digitization-digitalization-and-digital-transformation-confuse-them-at-your-peril/>
121. Blundel R., Hampton S. How Can SMEs Contribute to Net Zero?: An Evidence Review. *State of the Art Review series*. 2021. Vol. 51
122. Borenstein S. A microeconomic framework for evaluating energy efficiency rebound and some implications. *The Energy Journal*. 2015. No.36(1). P. 1-22. DOI: <https://doi.org/10.5547/01956574.36.1.1>
123. Borowski P. F. Digitization, digital twins, blockchain, and industry 4.0 as elements of management process in enterprises in the energy sector. *Energies*. 2021. No. 14(7), 1885. DOI: <https://doi.org/10.3390/en14071885>
124. Bracking S., Leffel B. Climate finance governance: Fit for purpose? *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*. 2021. No. 12. DOI: <https://doi.org/10.1002/wcc.709>
125. Brechin S., Espinoza M. 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*. 2017. No. 142. P.311-320. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10584-017-1938-8>
126. Bresciani S., Rizzo F., Deserti A. 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*. 2022. Vol.14(21), 13793. DOI: <https://doi.org/10.3390/su142113793>
127. Bretschger L., Karydas C. Economics of climate change: Introducing the basic climate economic (BCE) model. *Environment and development economics*. 2019. No.24(6). P. 560-582. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1355770X19000184>
128. Brisman A. Stockholm Conference, 1972. In: Chatterjee, D.K. (eds) *Encyclopedia of Global Justice*. 2011. Springer, Dordrecht. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9160-5_655

129. *Broadband coverage in Europe: Mapping progress towards the coverage objectives of the Digital Decade*. EU: Publications Office of the European Union, 2023. URL <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/990249>
130. Brøgger M., Bacher P., Madsen H., Wittchen K. B. Estimating the influence of rebound effects on the energy-saving potential in building stocks. *Energy and Buildings*. 2018. No.181. P. 62-74. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.10.006>
131. Caldwell M., Larsen G. Improving access to the Green Climate Fund: How the fund can better support developing country institutions. 2021. DOI: <https://doi.org/10.46830/wriwp.19.00132>
132. Campbell R., Goodman-Williams R., Feeney H., Fehler-Cabral G. Assessing triangulation across methodologies, methods, and stakeholder groups: The joys, woes, and politics of interpreting convergent and divergent data. *American Journal of Evaluation*. 2020. No.41(1). P. 125-144. DOI: <https://doi.org/10.1177/109821401880419>
133. Cao W., Cai Z., Yao X., Chen L. Digital Transformation to Help Carbon Neutrality and Green Sustainable Development Based on the Metaverse. *Sustainability*. 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/su15097132>.
134. Carbon neutrality target for G7 economies: Examining the role of environmental policy, green innovation and composite risk index/ Qin L. et al. *Journal of environmental management*. 2021. Vol.295, 113119. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113119>.
135. Chakraborty S. Economic Convergence and Real Dimensions. *Megacities and Rapid Urbanization*. 2020. DOI: <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-9276-1.ch014>
136. Chapagain D., Baarsch F., Schaeffer M., D'haen S. Climate change adaptation costs in developing countries: insights from existing estimates. *Climate and Development*. 2020. No.12, P. 934-942. DOI: <https://doi.org/10.1080/17565529.2020.1711698>.
137. Chen R., Zhang R., Han H. Climate neutral in agricultural production system: a regional case from China. *Environmental Science and Pollution Research*. 2021. No.28. P.33682-33697. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13065-8>.

138. China's achievements, new goals and new measures for nationally determined contributions. *United Nations Framework Convention on Climate Change*. 2022. 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>
139. Chung A., Wai Ming T. A bibliometric study of carbon neutrality: 2001-2022. *HKIE Transactions*. 2021. No. 28(2). P. 58-64. DOI: <https://doi.org/10.33430/V30N2THIE-2022-0056>.
140. Church C., Crawford A. Green Conflict Minerals: The fuels of conflict in the transition to a low-carbon economy. *International Institute for Sustainable Development*. 2018. URL: <https://www.iisd.org/publications/report/green-conflict-minerals-fuels-conflict-transition-low-carbon-economy>.
141. Cifuentes-Faura J. European Union policies and their role in combating climate change over the years. *Air Quality, Atmosphere & Health*. 2022. No.15(8). P. 1333-1340. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11869-022-01156-5>.
142. Claeys G., Tagliapietra S., Zachmann G. How to make the European Green Deal work. *Bruegel Policy Contribution*. 2019. Vol. 13. P. 171-204. URL: <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/237632/1/168713524X.pdf>
143. Clark R., Reed J., Sunderland T. Bridging funding gaps for climate and sustainable development: Pitfalls, progress and potential of private finance. *Land Use Policy*. 2018. No. 71. P.335-346. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.LANDUSEPOL.2017.12.013>
144. Clementi E., Tsemekidi-Tzeinaraki 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: <https://doi.org/10.2760/96121>, JRC136466.
145. Climate action tracer [CAT]. (2023). CAT rating methodology. URL <https://climateactiontracker.org/>
146. Climate change adaptation cost and residual damage to global crop production/ Iizumi and etc. *Climate Research*. 2020. Vol.80. P.203-218. DOI: <https://doi.org/10.3354/cr01605>.

147. Climate change and COP26: Are digital technologies and information management part of the problem or the solution? An editorial reflection and call to action./ Dwivedi and etc. *International Journal of Information Management*. 2022. Vol.63, 102456. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2021.102456>.
148. *Climate Neutral Now Guidelines for Participation*. Bonn: UNFCCC, 2021. 40 p. URL <https://unfccc.int/blog/a-beginner-s-guide-to-climate-neutrality>
149. Climate policy for a net-zero future: ten recommendations for Direct Air Capture/ Sovacool B. et al. *Environmental Research Letters*. 2022. Vol.17(7), 074014. DOI: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac77a4>
150. Co-design of digital transformation and sustainable development strategies- What socio-metabolic and industrial ecology research can contribute/ Pauliuk S. et al. *Journal of Cleaner Production*. 2022. Vol.343, 130997. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130997>.
151. Common but differentiated leadership: strategies and challenges for carbon neutrality by 2050 across industrialized economies/ Schreyer F. et al. *Environmental Research Letters*. 2020. Vol.15(11), 114016. DOI: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abb852>
152. Coroama V., Mattern F. Digital Rebound - Why Digitalization Will not Redeem us our Environmental Sins. *The 6th International Conference on ICT for Sustainability(ICT4S 2019)* (Editor Wolff, Annika). Lappeenranta, Finland, June 10-14, 2019. CEUR Workshop Proceedings Volume 2382. URL: https://ceur-ws.org/Vol-2382/ICT4S2019_paper_31.pdf.
153. Costanza R. What is ecological economics. *Ecological Economics*. 1989. Vol.1, 1-7. DOI: [https://doi.org/10.1016/0921-8009\(89\)90020-7](https://doi.org/10.1016/0921-8009(89)90020-7).
154. Courbage C., Golnaraghi M. Extreme events, climate risks and insurance. *The Geneva Papers on Risk and Insurance-Issues and Practice*. 2022. Vol.47(1). P. 1-4. DOI: <https://doi.org/10.1057/s41288-021-00260-4>.
155. Cruz C. and Matos F. ESG Maturity: A Software Framework for the Challenges of ESG Data in Investment. *Sustainability*. 2023. T. 26, P. 1781-1799, DOI: <https://doi.org/10.3390/su15032610>.

156. Cui L., Sun Y., Song M., Zhu L. Co-financing in the green climate fund: lessons from the global environment facility. *Climate Policy*. 2020. No.20. P. 95-108. DOI: <https://doi.org/10.1080/14693062.2019.1690968>
157. Dahiya D., Sharma H., Rai A., Nigam P. Application of biological systems and processes employing microbes and algae to Reduce, Recycle, Reuse (3Rs) for the sustainability of circular bioeconomy. *AIMS Microbiology*. 2022. No.8. P.83-102. DOI: <https://doi.org/10.3934/microbiol.2022008>
158. Data-Driven Strategies for Accelerated Materials Design / Pollice R. et al. *Accounts of Chemical Research*. 2021. Vol.54. P. 849-860. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.accounts.0c00785>.
159. Dekkati S., Thaduri U., Lal K. Business Value of Digitization: Curse or Blessing? *Global Disclosure of Economics and Business*. 2016. Vol.5. No.2. P. 133-138. DOI: <https://doi.org/10.18034/gdeb.v5i2.702>.
160. Delbeke J. Vis P. Towards a climate-neutral Europe: curbing the trend. 1st ed. New York: Routledge. 2020. EU. 224 p. URL: https://climate.ec.europa.eu/system/files/2020-01/toward_climate_neutral_europe_en.pdf.
161. Dellink R., Lanzi E., Château J. The Sectoral and Regional Economic Consequences of Climate Change to 2060. *Environmental and Resource Economics*. 2019. No.72. P.309-363. DOI: <https://doi.org/10.1007/S10640-017-0197-5>.
162. Delreux T., Ohler F. Climate policy in European Union politics. *Oxford Research Encyclopedia of Politics*. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190228637.013.1097>
163. Deploying digitalisation and artificial intelligence in sustainable development research/ Filho and etc. *Environment, Development and Sustainability*. 2022. Vol.25(3). DOI: <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02252-3>.
164. Digital Accelerator Lab Solutions [digital platform]. *United Nations Environment Programme*. 2024. URL: <https://www.unep.org/topics/digital-transformations/digital-accelerator-lab/digital-accelerator-lab-solutions>
165. Digital Climate Project Database [digital database]. *Sustainability in the Digital Age*, 2023. URL: <https://sustainabilitydigitalage.org/>

166. Digital Economy and Society Index (DESI). *European Commission*. 2022. URL: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/digital-economy-and-society-index-desi-2022>
167. Digital economy growth and mineral resources: implications for developing countries. *United Nations Conference on Trade and Development*. 2020. URL: https://unctad.org/system/files/officialdocument/tn_unctad_ict4d16_en.pdf.
168. Digital Economy Report. *UNCTAD: United Nations Publications*, 2021. URL: <https://unctad.org/page/digital-economy-report-2021>
169. Digital performance in EU member states in the context of the transition to a climate neutral economy/ Firoiu and etc. *Sustainability*. 2022. Vol.14(6), 3343. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14063343>.
170. Digital Quality of Life Index 2023. Surfshark, 2023. URL: <https://surfshark.com/dql2023>
171. *Digital Strategy 2022-2025*: United Nations Development Programme. UN, 2022. URL <https://digitalstrategy.undp.org>
172. Digital transformation survey results : research report. McKinsey, 2023. URL: https://www.mckinsey.com/~/_media/mckinsey/featured%20insights/mckinsey%20explainers/what%20is%20digital%20transformation/what-is-digital-transformation.pdf
173. Digital transformation, ESG practice, and total factor productivity/ Ding X. and etc. *Business Strategy and the Environment*. Issue 2. P. 156-172. DOI: <https://doi.org/10.1002/bse.3718>.
174. Digital Transformation: definition. Delloite Insights, 2020. URL <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/topics/digital-transformation.html>
175. Digital Twin-driven smart manufacturing: Connotation, reference model, applications and research issues/ Lu Y. et al. *Robotics and computer-integrated manufacturing*. 2020. Vol.61, 101837. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2019.101837>.
176. Digitalization, financial development, trade, and carbon emissions; implication of pollution haven hypothesis during globalization mode/ Ke J. et al. *Frontiers in Environmental Science*. 2022. Vol.10, 873-880. DOI: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.873880>

177. Dikau S., Robins N., Volz U. Climate-neutral central banking: How the European System of Central Banks can support the transition to net-zero. 2021. URL: https://www.lse.ac.uk/granthaminstitute/wp-content/uploads/2021/05/Climate-Neutral-Central-Banking_website.pdf.
178. Does exports diversification and environmental innovation achieve carbon neutrality target of OECD economies?/ Iqbal N. et al. *Journal of environmental management*. 2021. Vol.291, 112648. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112648>
179. Doktycz C., Abkowitz M. Loss and damage estimation for extreme weather events: State of the practice. *Sustainability*. 2019. Vol.11(15), 4243. DOI: <https://doi.org/10.3390/su11154243>.
180. Đorić Ž. Digital divide in European Union: State and perspectives. *Ekonomski pogledi*. 2022. DOI: <https://doi.org/10.5937/ep24-38914> URL: <https://scindeks.ceon.rs/article.aspx?artid=1450-79512201157Q>
181. Dou X. The essence, feature and role of low carbon economy. *Environment, Development and Sustainability*. 2015. Vol.17. P.123-136. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10668-014-9542-9>.
182. Doukas H., Nikas A. Decision support models in climate policy. *European Journal of Operational Research*. 2020. Vol. 280(1). P.1-24. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2019.01.017>.
183. Duch-Brown N., Rossetti F. Digital platforms across the European regional energy markets. *Energy Policy*. 2020. Vol.144, 111612. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111612>.
184. Duncan E., Abdulai A. R., Fraser E. D. Modernizing agriculture through digital technologies: Prospects and challenges. *Handbook on the human impact of agriculture*. 2021. P.138-161. DOI: <https://doi.org/10.4337/9781839101748.00018>.
185. Dunz N., Naqvi A., Monasterolo I. Climate Transition Risk, Climate Sentiments, and Financial Stability in a Stock-Flow Consistent Approach. *Political Economy - Development: Environment eJournal*. 2019. DOI: <https://doi.org/10.2139/ssrn.3520764>.

186. Dynamic Philanthropy: A Framework for Supporting Transformative Climate Governance in the Digital Age. Montreal: SDA, 2022. 28 p. URL: <https://sustainabilitydigitalage.org/featured/dynamic-philanthropy/>
187. Early decarbonisation of the European energy system pays off/ Victoria M. et al. *Nature Communications*. 2020. Vol.11(1), 6223. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-020-20015-4>
188. Eckstein D., Kunzel V., Schafer L. Global climate risk 2021. Who suffers most from extreme weather events? Weather-related loss events in 2019 and 2000-2019. Germanwatch. 2021.
189. Economic footprint of California wildfires in 2018/ Wang D. et al. *Nature Sustainability*. 2020. Vol.4. P.252-260. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41893-020-00646-7>.
190. ECS-SRIA Strategic Research and Innovation Agenda: release notes. 4th edition, 2021. URL <https://www.smart-systems-integration.org/publication/ecs-sria-2021>
191. Emissions Gap Report 2022: The Closing Window. Climate Crisis Calls for Rapid Transformation of Societies. *United Nations Environment Programme* [UNEP]. 2022. URL: <https://www.unep.org/resources/emissions-gap-report-2022> .
192. *Emissions Gap Report 2024 : press statement*. *United Nations Environment Programme* [UNEP]. 2024. URL: <https://www.unep.org/news-and-stories/statements/emissions-gap-report-2024-press-statement>
193. Energy as a Service (EAAS) Market Size, Share, Competitive Landscape and Trend Analysis Report, by Type, End User : Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2021-2030. Allied Market Research, 2022. URL: <https://www.alliedmarketresearch.com/energy-as-a-service-eaas-market-A06878>
194. Energy-system modelling of the EU strategy towards climate-neutrality/ Capros P. et al. *Energy Policy*. 2019. No. 134, 110960. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.110960>
195. 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.

- MarketsandMarkets, 2022. URL: [https:// www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/environmentalmonitoring-market-216846315.html](https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/environmentalmonitoring-market-216846315.html)
196. ESG Reporting Guide. Nasdaq, 2019. URL <https://www.nasdaq.com/docs/2019/11/26/2019-ESG-Reporting-Guide.pdf>
197. Espinosa A., Walker J. A Complexity Approach to Sustainability: Theory and Application. *World Scientific*. 2017. Vol. 5. 392 p. DOI: <https://doi.org/10.1142/p699>.
198. Eswaran U., Eswaran V. Decarbonization: pathways for a sustainable future. *Journal on Future Engineering & Technology*. 2023. Vol. 18(4). DOI: <https://doi.org/10.26634/jfet.18.4.20018>.
199. EU 2020 Strategic Foresight Report – Charting the course towards a more resilient Europe: Communication from European Commission. 2020. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52020DC0493>
200. EU 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. *European Commission*. 2021c. Brussels, 9.3.2021. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX%3A52021DC0118>
201. EU 2050 long-term strategy. European Commission, 2021. https://climate.ec.europa.eu/eu-action/climate-strategies-targets/2050-long-term-strategy_en
202. *EU Strategic Foresight reports* [report database in PDF]. European Commission, 2024. URL https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/strategic-planning/strategic-foresight_en
203. European anthropogenic AFOLU greenhouse gas emissions: a review and benchmark data/ Petrescu A. et al. *Earth System Science Data*. 2020. Vol.12(2). P.961-1001. DOI: <https://doi.org/10.5194/essd-12-961-2020>, 2020.
204. European Climate Law. European Commission. 2021. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2021/1119/oj>.
205. European innovation scoreboard 2024 : EIS interactive tool. *European Commission*. 2024. URL: <https://research-and->

innovation.ec.europa.eu/statistics/performance-indicators/european-innovation-scoreboard_en

206. Evolution trend and hot topic measurement of climate migration research under the influence of climate change/ Liang B. et al. *Frontiers in Ecology and Evolution*. Vol.11. DOI: <https://doi.org/10.3389/fevo.2023.1118037>.
207. Examining the interactions among smart supply chains and carbon reduction strategies: To attain carbon neutrality/ Patil A. et al. *Business Strategy and the Environment*. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1002/bse.3547>.
208. Falkner R. The Paris Agreement and the new logic of international climate politics. *International Affairs*. 2016. Vol. 92(5). P. 1107-1125. DOI: <https://doi.org/10.1111/1468-2346.12708>.
209. Fang L., Zhao S. On the green subsidies in a differentiated market. *International Journal of Production Economics*. 2023. Vol.257, 108758. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2022.108758>.
210. Ferguson P. The green economy agenda: business as usual or transformational discourse? *Environmental Politics*. 2015. Vol.24. P. 17-37. DOI: <https://doi.org/10.1080/09644016.2014.919748>.
211. Fernando R., Liu W., McKibbin W. Global economic impacts of climate shocks, climate policy and changes in climate risk assessment. *Social Science Research Network*. 2021. DOI: <https://doi.org/10.2139/SSRN.3817111>.
212. Fetting C. The European green deal. *ESDN Report*. 2020. Vol.2(9). URL: https://www.esdn.eu/fileadmin/ESDN_Reports/ESDN_Report_2_2020.pdf
213. Fifty years of methodological trends in JIBS: Why future IB research needs more triangulation/ Nielsen B. et al. *Journal of International Business Studies*. 2020. Vol.51. P.1478 - 1499. DOI: <https://doi.org/10.1057/s41267-020-00372-4>.
214. Finkbeiner M., Bach V. Life cycle assessment of decarbonization options—towards scientifically robust carbon neutrality. *The International Journal of Life Cycle Assessment*. 2021. Vol.26(4). P. 635-639. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11367-021-01902-4>.
215. First global stocktake. *Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Paris Agreement*. United Nations. 2023. United Arab Emirates, Item 4.

- 21p. URL: <https://www.umweltbundesamt.de/en/topics/climate-energy/the-global-stocktake-under-the-paris-agreement#modalities-of-the-global-stocktake>
216. 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. *European Council*. 2021. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX%3A52021DC0550>
217. Forti V., Baldé C.P., Kuehr R., and Bel G. 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). 2020. Bonn/Geneva/ Rotterdam. URL: https://ewastemonitor.info/wp-content/uploads/2020/11/GEM_2020_def_july1_low.pdf.
218. Freeman R. A theory on the future of the rebound effect in a resource-constrained world. *Frontiers in energy research*. 2018. Vol.6, 369526. DOI: <https://doi.org/10.3389/fenrg.2018.00081>.
219. Future transitions for the bioeconomy towards sustainable development and a climate-neutral economy—knowledge synthesis final report/ Fritsche U. et al. *Publications Office of the European Union*, Luxembourg. 2020. Vol.10, 667966. DOI: <https://doi.org/10.2760/667966>.
220. García López G. A., Navas G. Eco-imperial relations: The roots of dispossessive and unequal accumulation. *The Palgrave Encyclopedia of Imperialism and Anti-Imperialism*. 2021. P. 670-693. Cham: Springer International Publishing. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-91206-6_28-1.
221. García-Freites S., Gough C., Mirjam R. 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*. 2021. Vol.151, 106164. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2021.106164>.

222. Gates B. How to avoid a climate disaster: the solutions we have and the breakthroughs we need. *Vintage*. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12115-021-00581-z>.
223. Geels F., Kern F., Clark W. C. Sustainability transitions in consumption-production systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2023. Vol. 120. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.2310070120>.
224. Gensch C. O., Prakash S., Hilbert I. Is digitalisation a driver for sustainability? *Sustainability in a digital world*. 2017. P. 117-129. Springer, Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-54603-2_10.
225. GHG emissions of all world countries/ Crippa and etc. Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2023. DOI: <https://doi.org/10.2760/953322>, JRC134504. URL: https://edgar.jrc.ec.europa.eu/report_2023.
226. Gillingham K., Rapson D., Wagner G. The rebound effect and energy efficiency policy. *Review of environmental economics and policy*. 2016. URL: https://resources.environment.yale.edu/gillingham/GillinghamRapsonWagner_Rebound.pdf.
227. Global Carbon Budget. *Earth Syst. Sci. Data*. 2023. Vol. 15. P.5301–5369. DOI: <https://doi.org/10.5194/essd-15-5301-2023>.
228. Global Climate Fund (GCF) Progress Report. GCF's first replenishment period 2020-2023. URL: <https://www.greenclimate.fund/sites/default/files/document/20230501-gcf-1-progress-report.pdf>
229. Global hunger and climate change adaptation through international trade/ Janssens C. et al. *Nature Climate Change*. 2020. Vol.10(9). P. 829-835. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0847-4>.
230. Global trends in renewable energy investment. *Frankfurt School-UNEP Centre/BNEF*. 2020. URL: https://www.fs-unep-centre.org/wp-content/uploads/2020/06/GTR_2020.pdf
231. Goecke H., Hüther M. Regional Convergence in Europe. *Intereconomics*. 2016. Vol.51. P.165–171. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10272-016-0595-x>

232. Gomez-Trujillo A. M., Gonzalez-Perez M. A. Digital transformation as a strategy to reach sustainability. *Smart and Sustainable Built Environment*. 2021. Vol.11(4). P.1137-1162. DOI: <https://doi.org/10.1108/SASBE-01-2021-0011>.
233. Gong C., Ribière V. Developing a unified definition of digital transformation. *Technovation*. 2021. Vol.102, 102217. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2020.102217>.
234. Gonzalez C. I. Overview of global and European institutional sustainable finance initiatives. *Banco de Espana Article*. 2021. Vol.30, 21. URL: <https://ssrn.com/abstract=3937147>
235. Gray J., Rumpe B. Models for the digital transformation. *Software & Systems Modeling*. 2017. Vol.16. P. 307-308. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10270-017-0596-7>.
236. Green Climate Fund (GCF). Open Data Library. 2024. URL: <https://data.greenclimate.fund/public/>
237. Green economy and related concepts: An overview/ Loiseau E. et al. *Journal of cleaner production*. 2016. Vol.139. P.361-371. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.08.024>.
238. Green Financial Instruments of Cleaner Production Technologies/ Koval V. et al. *Sustainability*. 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/su141710536>.
239. Green, circular, bio economy: A comparative analysis of sustainability avenues/ D'Amato and etc. *Journal of cleaner production*. 2017. No.168. P. 716-734. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.053>
240. Guterres A. A moment of truth: Special address on climate action. *United Nations*. 2024. URL: <https://unpartnerships.un.org/press-center/moment-truth-special-address-climate-action-united>
241. Habert G. Climate-neutral and circular built environment—right here, right now. *The Routledge Handbook of Embodied Carbon in the Built Environment*. 2023. P.20-40. Routledge. DOI: <https://doi.org/10.4324/9781003277927-4>.
242. Hackfort S. Patterns of inequalities in digital agriculture: A systematic literature review. *Sustainability*. 2021. Vol.13(22), 12345. DOI: <https://doi.org/10.3390/su132212345>

243. Hagen A., Schneider J. Trade sanctions and the stability of climate coalitions. *Journal of Environmental Economics and Management*. 2021. Vol.109, 102504. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.JEEM.2021.102504>.
244. Hahn R. W., Metcalfe R. D. Efficiency and equity impacts of energy subsidies. *American Economic Review*. 2021. Vol.111(5). P.1658-1688. DOI: <https://doi.org/10.1257/aer.20180441>.
245. Halushkina T. P., Zhemba A. I., Sernytska K. V. Екологічна політика України в контексті глобальних кліматичних викликів. *Bulletin National University of Water and Environmental Engineering*. 2018. Vol.4(84). P.248-258. URL: <http://dx.doi.org/10.31713/ve4201824>
246. Hanna N. K. Assessing the digital economy: aims, frameworks, pilots, results, and lessons. *Journal of innovation and entrepreneurship*. 2020. Vol.9(1). P. 1-16. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13731-020-00129-1>.
247. Harnessing Emerging Technologies for Scalable, Global, Ethical & Equitable Education / Nyhan M. et al. *United Nations*. 2023. 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>
248. He R., Luo L., Shamsuddin A., Tang Q. Corporate carbon accounting: a literature review of carbon accounting research from the Kyoto Protocol to the Paris Agreement. *Accounting & Finance*. 2022. Vol.62(1). P.261-298. DOI: <https://doi.org/10.1111/acfi.12789>.
249. Hedberg A., Sipka S. Improving biodiversity: How can digitalisation help? *European Policy Centre*. 2020. URL: <https://www.epc.eu/en/Publications/Improving-biodiversity-How-can-digitalisation-help~38bd64>
250. Höhne N., Weiss M. Common but differentiated convergence (CDC): a new conceptual approach to long-term climate policy. *Climate Policy*. 2006. Vol.6. No.2. P. 181-199. DOI: <https://doi.org/10.3763/cpol.2006.0610>
251. Holikova K., Maksymova I., Matsyura S., Radko V., Rudenko N., Zhukova D. Sustainable Development Indicators Under Analysis of European Union Member States and Ukraine. *III International Scientific Congress Society of Ambient Intelligence*

- 2020 (Ukraine-Uzbekistan-Latvia-Poland, September, 24-25, 2020). Paris: Atlantis Press, 2020. P. 215-221. DOI: <https://doi.org/10.2991/aebmr.k.200318.027>
252. How to Build a Circular Economy. *World Resources Institute*. 2020. URL: <https://www.wri.org/insights/how-build-circular-economy>
253. Hsu A., Lloyd A., Emerson J. W. What progress have we made since Rio? Results from the 2012 Environmental Performance Index (EPI) and Pilot Trend EPI. *Environmental Science & Policy*. 2013. Vol.33. P.171-185. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2013.05.011>.
254. Hushko S., Botelho J. M., Maksymova I., Slusarenko K., Kulishov V. Sustainable development of global mineral resources market in Industry 4.0 context. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: Proceedings of the International Scientific Conference (Ukraine-England-Slovakia, September, 21 – October, 30)*. IOP Publishing, 2021. Vol. 628. P. 1-12. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/628/1/012025>
255. Hushko S., Temchenko H., Kryshchyna I., Maksymova, I., Huk O. Modelling of management activity of the organization considering the impact of implicit factors *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. Vol. 1. № 91. P. 13-21. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.121647>
256. *ICT Development Index* <https://datahub.itu.int/>
257. IDFC Green Finance Mapping. Report. International Development Finance Club, 2023. 65 p. URL <https://www.idfc.org/wp-content/uploads/2023/11/idfc-gfm-2023-final-1.pdf>
258. IMD World Digital Competitiveness Ranking Report 2021. IMD, 2021. URL: <https://imd.cld.bz/Digital-Ranking-Report-2021/200/>
259. In Denial - Facebook's growing friendship with climate misinformation report. Stop Funding Heat, 2021. URL: <https://stopfundingheat.info/wp-content/uploads/2021/11/in-denial-v2.pdf>.
260. Inoue H. The Economic Impact of Heavy Rains on Supply Chains. *Environmental Economics eJournal*. 2021. DOI: <https://doi.org/10.2139/ssrn.3875196>.
261. Introduction to the special issue on “the twin (digital and green) transition: handling the economic and social challenges”/ Diodato and etc. *Industry and*

- Innovation*. 2023. Vol.30(7). P.755-765. DOI: <https://doi.org/10.1080/13662716.2023.2254272>.
262. IPCC AR5: 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. *Intergovernmental Panel on Climate Change*. (IPCC). 2014. Geneva, Switzerland, 151 p. URL: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>
263. IPCC AR6: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. *Intergovernmental Panel on Climate Change*. 2021. Cambridge University Press. URL: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/?_cf_chl_jschl_tk_=pmd_82ab6d0e1d669a7ebc1b0e92472cc231efc29d49-1628502190-0-gqNtZGzNAeKjcnBszQp6#TS
264. Izmaylov Y., Yegorova I., Maksymova I., Znotina D. Digital economy as an instrument of globalization. *Scientific Journal of Polonia University*. 2018. Vol. 27 (2). P. 52-60. DOI: <https://doi.org/10.23856/2706>
265. Jaehn F., Meissner F. The rebound effect in transportation. *Omega*. 2022. Vol.108, 102563. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.omega.2021.102563>.
266. Jakobsen O., Storsletten V. M. Beyond the green shift—Ecological economics: Along the Green Belt. *Borderology: Cross-disciplinary Insights from the Border Zone*. 2019. P. 173-183. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-99392-8_13.
267. Jasim A. M., Jasim B. H., Baiceanu F. C., Neagu B. C. Optimized sizing of energy management system for off-grid hybrid solar/wind/battery/biogasifier/diesel microgrid system. *Mathematics*. 2023. Vol.11(5), 1248. DOI: <https://doi.org/10.3390/math11051248>.
268. Jean M., Grant E. Management System Enabled ESG Performance. *International Pipeline Conference*. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1115/ipc2022-86870>.
269. JLL Global Real Estate Technology Survey. *JLL Technologies*. 2023. URL: <https://www.jllt.com/research/global-real-estate-technology-survey-2023/>
270. Jordan A. J., Moore B. The durability–flexibility dialectic: The evolution of decarbonisation policies in the European Union. *Journal of European Public Policy*.

2022. P.1-20. DOI: <https://doi.org/10.1080/13501763.2022.2042721> URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13501763.2022.2042721>
271. Kagermann H., Wahlster W. 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. *Acatech— National Academy of Science and Engineering*. April 2013. URL: <https://www.din.de/blob/76902/e8cac883f42bf28536e7e8165993f1fd/recommendations-for-implementing-industry-4-0-data.pdf>.
272. Kang S., Lee S., Lee S. Impacts of Environmental Agreements on Bilateral Trade of Climate Industry. *Energies*. 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/en14217277>.
273. Katinka M. Brouwer, LL.M. Road to EU Climate Neutrality by 2050. A Peer-Reviewed Publication for ECR Group and Renew Europe, European Parliament, Brussels, January 2021. URL: <http://large.stanford.edu/courses/2023/ph240/beleznay2/docs/erc-jan21.pdf>
274. Kerner C., Brudermann T. I believe I can fly — Conceptual foundations for behavioral rebound effects related to voluntary carbon offsetting of air travel. *Sustainability*. 2021. Vol.13(9), 4774. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13094774>
275. Khamidov O., Mamanazarov A., Maksymova I., Slusarenko K., Kulishov Digitalization paradigm of Ukrainian financial market. *Journal of European Economy*. Vol. 20 (4). P. 648-664, DOI:10.35774/jee2021.04.648
276. Kijek A., Kijek T., Nowak A. Club convergence of labour productivity in agriculture: Evidence from EU countries. *Agricultural Economics/Zemедельска Ekonomika*. 2020. Vol.66(9). DOI: 10.17221/178/2020-AGRICECON
277. Kim Y., Tanaka K., Matsuoka S. Environmental and economic effectiveness of the Kyoto Protocol. *Plos one*. 2020. Vol.15(7), e0236299. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0236299>.
278. Kinfemichael B. The rise of services and convergence in labor productivity among countries. *Applied Economics Letters*. 2019. Vol.26. P. 1749-1755. DOI: <https://doi.org/10.1080/13504851.2019.1593933>
279. Klitkou A., Bolwig S., Hansen T., Wessberg N. The role of lock-in mechanisms in transition processes: The case of energy for road transport. *Environmental Innovation*

- and Societal Transitions*. 2015. Vol.16, P.22–37. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eist.2015.07.005>
280. Knorr D., Augustin M. A., Tiwari B. Advancing the role of food processing for improved integration in sustainable food chains. *Frontiers in Nutrition*. 2020. Vol.7, 34. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnut.2020.00034>
281. Krishna L. S. R., Srikanth P. J. Evaluation of environmental impact of additive and subtractive manufacturing processes for sustainable manufacturing. *Materials Today: Proceedings*. 2021. Vol.45. P. 3054-3060. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.060>.
282. Krupocin D., Krupocin J. The Impact of Climate Change on Cultural Security. *Journal of Strategic Security*. 2020. Vol.13. No.4. DOI: <https://doi.org/10.5038/1944-0472.13.4.1847>.
283. Krysovaty A., Maksymova I., Kurilyak V., Radin M., Kurilyak M. International convergence towards a climate-neutral economy: modeling the agricultural sector. *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*. 2024. Vol. 10. №2. P. 52–79. DOI: <https://doi.org/10.51599/are.2024.10.02.03>
284. Kulovesi K., Oberthür S. Assessing the EU’s 2030 Climate and Energy Policy Framework: Incremental change toward radical transformation? *Review of European, Comparative & International Environmental Law*. 2020. Vol.29(2). P.151-166. DOI: <https://doi.org/10.1111/reel.12358>.
285. Kunkel S., Tyfield D. Digitalisation, sustainable industrialisation and digital rebound—Asking the right questions for a strategic research agenda. *Energy Research & Social Science*. 2021. Vol.82, 102295. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2021.102295>.
286. Kuyper J., Schroeder H., Linnér B. O. The Evolution of the UNFCCC. *Annual Review of Environment and Resources*. 2018. Vol.43(1). P.343-368. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-102017-030119>.
287. Kyzym M. O., Kosyrieva O. V. Assessment of the β -Convergence of Socio-Economic Development of Ukrainian Regions. *Problemy Ekonomiki*. 2016. Vol.(3). P.104-114. DOI: https://www.problecon.com/export_pdf/problems-of-economy-2016-3_0-pages-104_114.pdf.

288. Lamperti F., Bosetti V., Roventini A., Tavoni M. The public costs of climate-induced financial instability. *Nature Climate Change*. 2019. Vol.9 P.829-833. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0607-5>.
289. Lange S., Pohl, J, Santarius T. Digitalization and energy consumption. Does ICT reduce energy demand? *Ecological Economics*. 2020. Vol.176, 106760. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106760>.
290. Larch M., Wanner J. The consequences of non-participation in the Paris Agreement. *European Economic Review*. 2024. Vol.163, 104699. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.euroecorev.2024.104699>.
291. Lau S. *Q&A: What does China's new Paris Agreement pledge mean for climate change?* *Carbon Brief*. 2020. URL: <https://www.carbonbrief.org/qa-what-does-chinas-new-paris-agreement-pledge-mean-for-climate-change/>
292. Lebas A. Crutzen N. Mobility as a Service (MaaS): *Exploratory study on the governance and the management of projects in Belgium*. 2021. URL: https://www.academia.edu/86161635/Mobility_as_a_Service_Maas_Exploratory_Study_on_the_Governance_and_the_Management_of_Projects_in_Belgium.
293. Lee M. J., Roh T. Digitalization capability and sustainable performance in emerging markets: mediating roles of in/out-bound open innovation and coopetition strategy. *Management Decision*. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1108/MD-10-2022-1398>.
294. Li L. China's manufacturing locus in 2025: With a comparison of “Made-in-China 2025” and “Industry 4.0”. *Technological Forecasting and Social Change*. 2018. Vol.135. P.66-74. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.05.028>.
295. Liu D. Convergence of energy carbon emission efficiency: Evidence from manufacturing sub-sectors in China. *Environmental Science and Pollution Research*. 2022. Vol.29(21), P. 31133-31147. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-022-18503-9>
296. Liu Y., Wei S., Zhao D., Gao J. Progress in Research on the Influences of Climatic Changes on the Industrial Economy in China. *Journal of Resources and Ecology*. 2020. Vol.11. P.1-12. DOI: <https://doi.org/10.5814/j.issn.1674-764x.2020.01.001>.

297. Logan M. The closing window: inadequate progress on climate action makes rapid transformation of societies only option. UN report. 2022. URL: <https://kh.aquaenergyexpo.com/wp-content/uploads/2023/11/The-Closing-Window-Climate-Crisis-Calls-for-Rapid-Transformation-of-Societies.pdf>
298. Lukashevych Y., Evdokimov V., Polukhin A., Maksymova I., Tsvilii D. Innovation In The Energy Sector: The Transition To Renewable Sources As A Strategic Step Towards Sustainable Development. *African Journal of Applied Research*. 2024. Vol. 10. №. 1. C. 43-56. DOI: <https://doi.org/10.26437/ajar.v10i1.665>
299. Lukianenko D., Simakhova A. Artificial Intelligence in the Scientific and Technological Paradigm of Global Economy. *Problems of sustainable development*. 2024. DOI: <https://doi.org/10.35784/preko.6256>
300. Lyu K., Yang S., Zheng K., Zhang Y. How Does the Digital Economy Affect Carbon Emission Efficiency? Evidence from Energy Consumption and Industrial Value Chain. *Energies*. 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/en16020761>.
301. Machado M., Hatakeyama K. Digital Transformation as an Enabler of Sustainability in Supply Chain and Logistics: Evidence from the Field. *Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET)*. 2023. (pp. 1-6). DOI: <https://doi.org/10.23919/PICMET59654.2023.10216881>.
302. Maciąg R. Digital transformation as an epistemological event: predigital transformation. *Dialogue and Universalism*. 2022. Vol.(2). P.83-102. DOI: <https://doi.org/10.5840/du202232229>.
303. Makers & Shapers: Digital Technologies and the Green Economy : research report. EIT Digital, 2022. URL: <https://www.eitdigital.eu/our-messages/makers-shapers/reports/>
304. Maksymova I. Convergence of digital and climate-neutral economic development: evidence from global indices. *Modern Economics*. 2024. Vol. 46. P. 90-98. DOI: [https://doi.org/10.31521/modecon.V46\(2024\)-12](https://doi.org/10.31521/modecon.V46(2024)-12)
305. Maksymova I. Decarbonization of global industry. *Foreign trade: economics, finance, law*. 2024. Vol. 135 (4). P. 38-51. DOI: [https://doi.org/10.31617/3.2024\(135\)03](https://doi.org/10.31617/3.2024(135)03)

306. Maksymova I. Digital via Green Economy: Productive Harmony or Missed Opportunity. *Society of Ambient Intelligence: VI International scientific congress (Ukraine, November 20-25)* Kryvyi Rih: SUET, 2023.
307. Maksymova I. Digitalization-based integration of climate policies of Ukraine and the EU. *Journal of european economy*. 2023. Vol. 22 (1). P. 94-110. DOI: <https://doi.org/10.35774/jee2023.01.093>
308. Maksymova I. Global green transition in terms of climate neutrality and sustainable digitalization. *Приазовський економічний вісник*. 2024. Вип. 3 (39). С. 108-113. DOI: <https://doi.org/10.32782/2522-4263/2024-3-17>
309. Maksymova I. Towards a climate-neutral economy by twinning digital and green transition. *Social Aspects of Market Economy – Sustainability and Health Economics: SAGR International Conference (Czestochowa, Poland, April 20-21, 2023)* Czestochowa: Jan Dlugosz University, 2023
310. Maksymova I., Kurilyak M. Strategic vision for decarbonizing global industry through evidence-based digitalization. *Забезпечення сталого розвитку економіки в умовах глобалізаційних викликів : матеріали Міжнар. наук. конф. (м. Кельце, Польща, 1 лист. 2024 р.)* Кельце: ДУ ім. Яна Кохановського, 2024
311. Maksymova I., Kurilyak V., Mietule I., Arbidane I., Kurilyak M. Digitally driven model of a climate-neutral economy in terms of global financial capacity. *Financial and credit activity problems of theory and practice*. 2024. Vol. 3. №. 56. P. 334-349. DOI: <https://doi.org/10.55643/fcaptp.3.56.2024.4399>
312. Maksymova I., Mietule I., Kulishov V. Digital Solutions for a Climate Neutral Economy: International Framework of Eco-Digital Projects. *ENVIRONMENT. TECHNOLOGIES. RESOURCES: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference (Rezekne, Latvia, June 15-16, 2023)* Vol. 1. Rezekne: RTA, 2023. P. 123-127. DOI: <https://doi.org/10.17770/etr2023vol1.7291>
313. Maksymova I., Nastase C. European model of climate-neutral business development based on digitalization principles. *Journal of European Economy*. 2024. Vol. 23. №. 2. P. 336-352. DOI: <https://doi.org/10.35774/jee2024.02.336>
314. Maksymova I., Velhas V., Tokunova A., Pugachov M., Chichulina K. Business Adaptation to Climate Change: Developing Strategies to Adapt Business Processes to

- Changing Climate Conditions and Reduce Risks. *Economic Affairs*. 2024. Vol. 69(03). P.1299-1309. DOI:10.46852/0424-2513.4.2024.14
315. Maksymova I., Vyshnevskaya K., Lavrenko R., Baida M., Kulishov V. Methodology for Researching Digital Diplomacy in the New Era of Sustainable Development and Climate Change. *Economics and technical engineering*. 2023. Vol. 1 (2). P. 10-20. DOI: <https://doi.org/10.62911/ete.2023.01.02.01>
316. Malhi G., Kaur M., Kaushik P. Impact of Climate Change on Agriculture and Its Mitigation Strategies: A Review. *Sustainability*. 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/SU13031318>.
317. Marelli E., Parisi M., Signorelli M. Economic convergence in the EU and Eurozone. *Journal of Economic Studies*. 2019. Vol. 46(7), P. 1332-1344 DOI: <https://doi.org/10.1108/jes-03-2019-0139>
318. Maris G., Flouros F. The Green Deal, National Energy and Climate Plans in Europe: Member States' Compliance and Strategies. *Adm. Sci.* 2021. 11, 75. DOI: <https://doi.org/10.3390/admsci11030075>.
319. Marti L., Puertas R. Sustainable energy development analysis: Energy Trilemma. *Sustainable Technology and Entrepreneurship*. 2022. Vol.1(1), 100007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.stae.2022.100007>.
320. Martinich J., Crimmins A. Climate damages and adaptation potential across diverse sectors of the United States. *Nature Climate Change*. 2019. Vol.9. P.397-404. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0444-6>.
321. Material Informatics Market Size to Surpass US\$ 782.2 Mn by 2030. *Globe Newswire*. 2022. URL: <https://www.precedenceresearch.com/material-informatics-market>
322. McAfee K. Green economy and carbon markets for conservation and development: a critical view. *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics*. 2016. Vol.16. P. 333-353. DOI: 10.1007/s10784-015-9295-4.
323. Mele A., Paglialonga E., Sforza G. Climate cooperation from Kyoto to Paris: What can be learnt from the CDM experience? *Socio-Economic Planning Sciences*. 2021. Vol.75, 100942. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.seps.2020.100942>.

324. Melnyk L., Dehtyarova I., Kubatko O. Sustainable development strategies in conditions of the 4th Industrial revolution: the EU experience. *Reducing Inequalities towards Sustainable Development Goals*. 2022. P. 241-256. DOI: <https://doi.org/10.2478/eb-2021-0004>
325. Mielczarski W. Is the climate neutrality an illusion? *17th International Conference on the European Energy Market (EEM)*. 2020. 1-4. DOI: <https://doi.org/10.1109/EEM49802.2020.9221964>.
326. Mietule I., Hushko S., Maksymova I., Sheludiakova N., Kulishov V. Lonska, J. Information and communication technology: Case for tertiary education in terms of smart economics. *SOCIETY. INTEGRATION. EDUCATION*. Proceedings of the International Scientific Conference (Rezekne, Latvia, May 28-29, 2021) Rezekne: RTA, 2021. Vol. 5. P. 401-413. DOI: <https://doi.org/10.17770/sie2021vol5.6396>
327. Mietule I., Maksymova I., Holikova K. Key trends in the development of marketplaces as a trigger for the transformation of global business. *Society. Integration. Education: Proceedings of the International Scientific Conference (Rezekne, Latvia, May 24-25, 2019)* Rezekne: RTA, 2019. Vol. 6, pp. 374-386. DOI: <https://doi.org/10.17770/sie2019vol6.3883>
328. Mietule I., Purii H., Maksymova I., Shaikan A., Hushko S., Kulishov V. Digital humanization of education in the light of geopolitical challenges. *Society. Integration. Education: Proceedings of the International Scientific Conference (Rezekne, Latvia, May 26, 2023)* Rezekne: RTA, 2023. Vol. 1. P. 373-384. DOI: <https://doi.org/10.17770/sie2023vol1.7160>
329. Milán-García J., Caparrós-Martínez J. L., Rueda-López N., de Pablo Valenciano J. Climate change-induced migration: a bibliometric review. *Globalization and health*. 2021. Vol.17(1), 74. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12992-021-00722-3>.
330. Minerals for Climate Action: The Mineral Intensity of the Clean Energy Transition. *World Bank*. 2020. URL: <https://pubdocs.worldbank.org/en/961711588875536384/Minerals-for-Climate-Action-The-Mineral-Intensity-of-the-Clean-Energy-Transition.pdf>

331. Mobilising private climate finance for sustainable energy access and climate change mitigation in Sub-Saharan Africa/ Michaelowa A. and etc. *Climate Policy*. 2021. Vol.21(1). P.47-62. DOI: <https://doi.org/10.1080/14693062.2020.1796568>.
332. Mohsin M., Dilanchiev A., Umair M. The impact of green climate fund portfolio structure on green finance: empirical evidence from EU countries. *Ekonomika*. 2023. Vol.102(2). P.130-144. DOI: <https://doi.org/10.15388/Ekon.2023.102.2.7>
333. Monasterolo I. Climate Change and the Financial System. *Environmental Economics eJournal*. 2020. Vol.12. P.299-320. DOI: <https://doi.org/10.2139/ssrn.3479380>.
334. Mongo M., Laforest V., Belaïd F., Tanguy A. Assessment of the Impact of the Circular Economy on CO2 Emissions in Europe. *Journal of Innovation Economics & Management*. 2021. Vol.39. DOI: <https://doi.org/10.3917/jie.pr1.0107>.
335. Morseletto P. Targets for a circular economy. *Resources, conservation and recycling*. 2020. Vol.153, 104553. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104553>.
336. Möslinger M., Ulpiani G., Vettors N. Circular economy and waste management to empower a climate-neutral urban future. *Journal of Cleaner Production*. 2023. Vol.421, 138454. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138454>.
337. Muiderman K., Gupta A., Vervoort J., Biermann F. Four approaches to anticipatory climate governance: Different conceptions of the future and implications for the present. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*. 2020. Vol.11(6), e673. DOI: <https://doi.org/10.1002/wcc.673>.
338. Murthy K. B., Kalsie A., Shankar R. Digital economy in a global perspective: is there a digital divide? *Transnational Corporations Review*. 2021. Vol.13(1)/ P.1-15. DOI: <https://doi.org/10.1080/19186444.2020.1871257>.
339. Nacu T., Jercan E. Environmental Economy and Green Transition in the European Union: Two Complementary Concepts. *Economics, Management and Sustainability*. 2023. DOI: <https://doi.org/10.14254/ems.2023.11-1.8>.
340. Nagy S. G., Šiljak D. Is the European Union still a convergence machine? *Acta Oeconomica*. 2022. Vol.72(1). P.47-63. DOI: <https://doi.org/10.1556/032.2022.00003>

341. Najarzadeh R., Dargahi H., Agheli L., Khameneh K. B. Kyoto Protocol and global value chains: Trade effects of an international environmental policy. *Environmental Development*. 2021. Vol.40, 100659. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2021.100659>.
342. Nalau J., Becken S., Mackey B. Ecosystem-based Adaptation: A review of the constraints. *Environmental science & policy*. 2018. Vol.89. P.357-364. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.08.014>
343. Nativi S., Craglia M., Delipetrev B. Destination Earth: Survey on “Digital Twins” technologies and activities, in the Green Deal area. EU: Joint Research Centre, 2020. URL: <https://data.europa.eu/doi/10.2760/430025>
344. 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) / Gkoumas K. et al. EU: Joint Research Centre, 2020. URL: <https://data.europa.eu/doi/10.2760/977404>
345. Newman R., Noy I. The global costs of extreme weather that are attributable to climate change. *Nature Communication*. 2023. Vol. 14. DOI <https://doi.org/10.1038/s41467-023-41888-1>
346. Niñerola A., Ferrer-Rullan R., Vidal-Suñé A. Climate change mitigation: Application of management production philosophies for energy saving in industrial processes. *Sustainability*. 2020. Vol.12(2), 717. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12020717>.
347. Niu S., Park B. and Jung J. The Effects of Digital Leadership and ESG Management on Organizational Innovation and Sustainability. *Sustainability*. 2022. T. 14 (23). P. 1563-1579. DOI: <https://doi.org/10.3390/su142315639>.
348. Noble H., Heale R. Triangulation in research, with examples. *Evidence-based nursing*. 2019. Vol.22(3). P. 67-68. DOI: <https://doi.org/10.1136/ebnurs-2019-103145>.
349. Öhman A., Karakaya E., Urban F. Enabling the transition to a fossil-free steel sector: The conditions for technology transfer for hydrogen-based steelmaking in Europe. *Energy Research & Social Science*. 2022. Vol.84, 102384. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2021.102384>.

350. Oliveira A. M., Beswick R. R., Yan Y. A green hydrogen economy for a renewable energy society. *Current Opinion in Chemical Engineering*. 2021. Vol.33, 100701. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.coche.2021.100701>.
351. On the relationship between information management and digitalization/ Riedl R. et al. *Business & Information Systems Engineering*. 2017. Vol.59. P.475-482. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12599-017-0498-9>.
352. Orindi V., Elhadi Y., Hesse C. Democratising climate finance at local levels. *Building a Climate Resilient Economy and Society*. 2017. P.250-264. Edward Elgar Publishing. DOI: <https://doi.org/10.4337/9781785368455.00028>
353. Panait M., Janjua L. R., Apostu S. A., Mihăescu C. Impact factors to reduce carbon emissions. Evidences from Latin America. *Kybernetes*. 2023. Vol.52(11). P.5669-5686. DOI: <https://doi.org/10.1108/k-05-2022-0712>.
354. Paoli L.D.; Geoffron P. Introduction. A critical overview of the European National Energy and Climate Plans. *Econ. Policy Energy Environ*. 2019, LXI. P.31–41. DOI: <https://doi.org/10.3280/EFE2019-001002>.
355. Parida V., Sjödin D., Reim W. Reviewing literature on digitalization, business model innovation, and sustainable industry: Past achievements and future promises. *Sustainability*. 2019. Vol.11(2), 391. DOI: <https://doi.org/10.3390/su11020391>.
356. Pashchenko D. S. Early Formalization of AI-tools Usage in Software Engineering in Europe: Study of 2023. *International Journal of Information Technology and Computer Science*. 2023. Vol.15(6). P.29-36. DOI: <https://doi.org/10.5815/ijitcs.2023.06.03>.
357. Pasqualino R., Demartini M., Bagheri F. Digital transformation and sustainable oriented innovation: A system transition model for socio-economic scenario analysis. *Sustainability*. 2021. Vol.13(21), 11564. DOI: <https://doi.org/10.3390/su132111564>
358. Patermann C., Aguilar A. A bioeconomy for the next decade. *EFB Bioeconomy Journal*. 2021. Vol.1, 100005. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bioeco.2021.100005>.
359. Pattberg P., Mert A. The future we get might not be the future we want: Analyzing the Rio+ 20 outcomes. *Global Policy*. 2013. Vol.4(3)P. 305-310. DOI: <https://doi.org/10.1111/1758-5899.12044>.

360. Patterns of Digitization/ Mugge P. et al. *Research-Technology Management*. 2020. Vol.63. P.27 - 35. DOI: <https://doi.org/10.1080/08956308.2020.1707003>.
361. Pearce D., Markandya A., Barbier E. *Blueprint 1: for a green economy*. Routledge. 2013. DOI: <https://doi.org/10.4324/9780203097298>.
362. Pelsa I., Băliņa S. Main Priorities for a Green Deal Towards a Climate - Neutral Europe. *European Integration Studies*. 2022. Vol.1(16). P.41-51. DOI: <https://doi.org/10.5755/j01.eis.1.16.31331>.
363. Petkova L., Ryabokon M., Vdovychenko Y. Modern Systems for Assessing the Informatization of Countries in the Context of Global Sustainable Development // *Baltic Journal of Economic Studies*. Vol. 5, No. 2, 2019, p. 158-170. WoS <http://www.baltijapublishing.lv/index.php/issue/article/view/649/pdf>
364. Petkovski I., Fedajev A., Bazen J. Modelling complex relationships between sustainable competitiveness and digitalization. *Journal of Competitiveness*. 2022. Vol.14(2). P.79-96. DOI: <https://doi.org/10.7441/joc.2022.02.05>
365. Petmesidou M., Guillén A. M. Europe's green, digital and demographic transition: A social policy research perspective. *Transfer: European Review of Labour and Research*. 2022. Vol.28(3). P. 317-332. DOI: <https://doi.org/10.1177/10242589221107498>.
366. Petruzzelli E. A New Wave of Digitalization. *Chemical Engineering Progress*. 2020. Vol.116, 3. URL: <https://www.proquest.com/docview/2462454085?sourcetype=Magazines>
367. *Post-pandemic world economy still feeling COVID-19's sting : analytic review*. UN, 2023. URL <https://news.un.org/en/story/2023/05/1136727>
368. Pouikli K., Delegkou A., Tsakalogian ni I. Circular economy for a Climate-Neutral Europe: Mapping the latest policy and legislative developments. *CCLR*. 2022. Vol.16. P. 281. DOI: <https://doi.org/10.21552/cclr/2022/4/8>.
369. Prasad S., Peddoju S., Ghosh D. Agriculture as a service. *IEEE Potentials*. 2021. Vol.40(6). P.34-43. DOI: <https://doi.org/10.4018/JOEUC.2017100101>.
370. Quantifying the benefits of location interoperability in the European Union / Ulrich P. et al. EU: Joint Research Centre, 2022. URL: <https://data.europa.eu/doi/10.2760/72064>

371. Ravichandran S., Roy M. Green Finance: A Key to Fight with Climate Change. *Indian Journal of Economics and Finance*. 2022. Vol.2(2). P.34-38. DOI: <https://doi.org/10.54105/ijef.B2526.112222>
372. RCP2.6: exploring the possibility to keep global mean temperature increase below 2°C/ Vuuren D. et al. *Climatic Change*. 2011. Vol.109. P.95-116. DOI: <https://doi.org/10.1007/S10584-011-0152-3>.
373. RCP4.5: a pathway for stabilization of radiative forcing by 2100/ Thomson A. et al. *Climatic Change*. 2011. Vol.109. P.77-94. DOI: <https://doi.org/10.1007/S10584-011-0151-4>.
374. Reframing incentives for climate policy action/ Mercure J. et al. *Nature Energy*. 2021. Vol.6(12). P.1133-1143. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41560-021-00934-2>
375. Ren Y., Li B., Liang D. Impact of digital transformation on renewable energy companies' performance: Evidence from China. *Frontiers in Environmental Science*. 2023. DOI: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.1105686>
376. Renewable power generation costs in 2022. *International Renewable Energy Agency*. IRENA. 2023. Abu Dhabi. URL: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2023/Aug/IRENA_Renewable_power_generation_costs_in_2022.pdf.
377. Report of the World Commission on Environment and Development: note/by the Secretary-General. UN Secretary-General: World Commission on Environment and Development, 1987. <https://digitallibrary.un.org/record/139811?v=pdf>
378. REPowerEU: A plan to rapidly reduce dependence on Russian fossil fuels. *European Commission*. 2023. URL: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/api/files/document/print/en/ip_22_3131/I_P_22_3131_EN.pdf
379. Reznikova N., Grod M. Institutionalization of climate change combat in the EU and socio-economic effects of industry decarbonization. *Actual Problems of International Relations*. 2024. Vol. 1(158). P.59-69. DOI: <https://doi.org/10.17721/apmv.2024.158.1.59-69>
380. Reznikova N., Panchenko V., Karp V., Grod M., Stakhurska S. The Relationship between the Green and Digital Economy in the Concept of Sustainable Development.

Economic Affairs. 2024. Vol. 69 (Special Issue). P. 389-399. DOI: 10.46852/0424-2513.1.2024.41

381. Reznikova N., Zvarych I., Zvarych R., Ivashchenko O. The impact of the Russian-Ukrainian war on the green transition and the energy crisis: Ukrainian scenario of circular economy development. *Statistics in Transition new series*. 2023. Vol.24(1). P.45-62. DOI: <https://doi.org/10.59170/stattrans-2023-004>.

382. Reznikova, N., Medvedieva, M., Grydasova, G., & Matiushyna, O. Modification of economic dependence and achievement of climate neutrality at the crossroad : monograph. International Science Group. 2024. DOI: <https://doi.org/10.46299/979-8-89504-809-2>

383. Richardson R. Building a Green Economy: Perspectives from Ecological Economics. *Michigan State University Press*. 2013. DOI: <https://doi.org/10.5860/choice.51-5693>

384. Rodrigues R. Legal and human rights issues of AI: Gaps, challenges and vulnerabilities. *Journal of Responsible Technology*. 2020. Vol.4, 100005. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jrt.2020.100005>

385. Role of trade openness, export diversification, and renewable electricity output in realizing carbon neutrality dream of China/ Li M. et al. *Journal of environmental management*. 2021. Vol.297, 113419. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113419>.

386. Rosenbaum, E. Rebound effects and green growth – An examination of their relationship in a parsimonious equilibrium input-output-framework. *Journal of Cleaner Production*. 2019. Vol.225. P.121 - 132. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.296>

387. Russia's war on Ukraine: Impact on food security and EU response. *European Parliamentary Research Service*. 2022. 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)

388. Safe and just Earth system boundaries/ Rockström J. et al. *Nature*. 2023. Vol.619(7968). P.102-111. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06083-8>.

389. Salazar V., Katigbak J. J. P. Enhancing the Green Climate Fund operations through a climate justice lens. *International Journal*. 2022. Vol.77(2). P.368-377. DOI: <https://doi.org/10.1177/00207020221130306>
390. Santarius T., Pohl J., Lange S. Digitalization and the decoupling debate: can ICT help to reduce environmental impacts while the economy keeps growing? *Sustainability*. 2020. Vol.12(18), 7496. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12187496>.
391. Scheuing H., Kamm J. The EU on the road to climate neutrality—is the ‘Fit for 55’ package fit for purpose? *Renewable Energy Law and Policy Review*. 2022. Vol.10(3-4). P.4-18. URL: <https://www.jstor.org/stable/27192723>.
392. Schumacher, E. F. *Small is beautiful: A study of economics as if people mattered*. Random House. 2011. URL: [https://www.daastol.com/books/Schumacher%20\(1973\)%20Small%20is%20Beautiful.pdf](https://www.daastol.com/books/Schumacher%20(1973)%20Small%20is%20Beautiful.pdf).
393. Scrutinizing environmental governance in a Digital age: New ways of seeing, participating, and intervening/ Kloppenburg S. et al. *One Earth*. 2022. Vol.5(3). P. 232–241. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2022.02.004>.
394. Self-Assessment framework for corporate environmental sustainability in the era of digitalization/ Eisner and etc. *Sustainability*. 2022. Vol. 14(4), 2293. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14042293>
395. Semenza J., Ebi K. Climate change impact on migration, travel, travel destinations and the tourism industry. *Journal of Travel Medicine*. 2019. Vol.26. DOI: <https://doi.org/10.1093/jtm/taz026>.
396. Shao X., Zhong Y., Li Y., Altuntaş, M. Does environmental and renewable energy R&D help to achieve carbon neutrality target? A case of the US economy. *Journal of environmental management*. 2021. Vol.296, 113229. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113229>.
397. Sheludiakova N., Mamurov B., Maksymova I., Slyusarenko K., Yegorova I. Communicating the Foreign Policy Strategy: on Instruments and Means of Ministry of Foreign Affairs of Ukraine. *SHS Web of Conferences: EDP Sciences*, IV International Scientific Congress (Ukraine-Uzbekistan-Latvia, April, 12-16, 2021). Kryvyi Rih: ISCSAI, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1051/shsconf/202110002005>

398. Sheng H., Feng T., Liu L. The influence of digital transformation on low-carbon operations management practices and performance: does CEO ambivalence matter? *International Journal of Production Research*. 2022. Vol.61. P.6215-6229. DOI: <https://doi.org/10.1080/00207543.2022.2088426>.
399. Siddi M. The European Green Deal: asseasing its current state and future implementation. *Upi Report*. 2020. No.114. URL: https://www.fiaa.fi/wp-content/uploads/2020/05/wp114_european-green-deal.pdf.
400. Siljak D. Real economic convergence in the European Union from 1995 to 2013. *The Business & Management Review*. 2016. Vol.6(4). P.213-228. URL: https://cberuk.com/cdn/conference_proceedings/2015iacp33.pdf.
401. Singhal K., Pawar A., Deedwania S. Impact of Climate Change on Oil and Gas Sector and Mitigation Approach for Sustainable Development. *Sustainable Climate Action and Water Management*. 2021. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-15-8237-0_19.
402. Smart Agriculture Market Size (Precision farming, Livestock Monitoring, Smart greenhouse, and Others), *By Application, By Offering, And Segment Forecasts, 2024 – 2030*. GVG, 2024. URL: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/smart-agriculture-farming-market>
403. SME Climate Hub Survey. SME Climate Hub, 2023. URL: <https://smeclimatehub.org/wp-content/uploads/2023/02/SME-Climate-Hub-Survey-2023.pdf>
404. Smith K. Innovating for the global commons: multilateral collaboration in a polycentric world. *Oxford Review of Economic Policy*. 2017. Vol.33. P.49-65. DOI: <https://doi.org/10.1093/OXREP/GRW039>.
405. Smith-Godfrey S. Defining the blue economy. *Maritime affairs: Journal of the national maritime foundation of India*. 2016. Vol.12(1). P.58-64. DOI: <https://doi.org/10.1080/09733159.2016.1175131>.
406. Soava G., Mehedintu A., Sterpu M. Analysis and Forecast of the Use of E-Commerce in Enterprises of the European Union States. *Sustainability*. 2022. Vol.14(14), 8943. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14148943>.

407. Song M., Latif M. I., Zhang J., Omran M. Examining the energy trilemma index and the prospects for clean energy development. *Gondwana Research*. 2023. Vol.122. P.11-22. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gr.2023.06.002>.
408. South Pacific Convergence Zone dynamics, variability and impacts in a changing climate/ Brown J. et al. *Nature Reviews Earth & Environment*. 2020. No. 1. P. 530-543. DOI: <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0078-2>
409. Sparkman G., Geiger N., Weber E. U. Americans experience a false social reality by underestimating popular climate policy support by nearly half. *Nature Communications*. 2022. Vol.13(1), 4779. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-022-32412-y>.
410. Speech by President Ursula von der Leyen at the Africa Climate Summit in Nairobi, Kenya. *European Commission*. 2023. URL: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/api/files/document/print/en/speech_23_4344/SPEECH_23_4344_EN.pdf
411. Staszewski T. Halting climate change by achieving net-zero CO2 emissions with circular and renewable energy sources. *Inżynieria Bezpieczeństwa Obiektów Antropogenicznych*. 2023. Vol.1. DOI: <https://doi.org/10.37105/iboa.169>.
412. Stegmann P., Londo M., Junginger M. The circular bioeconomy: Its elements and role in European bioeconomy clusters. *Resources, Conservation & Recycling: X*. 2020. Vol.6, 100029. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rcrx.2019.100029>.
413. Stoker L., Ghosh U., Shao X. Reuters Impact: Global Sustainability Report. *The Thomson Reuters*. 2023. URL: https://www.thomsonreuters.com/en-us/posts/wp-content/uploads/sites/20/2023/10/Sustainability-Report_Reuters-Impact.pdf
414. Stoll P. P., Pauw W. P., Tohme F., Gruening C. Mobilizing private adaptation finance: lessons learned from the Green Climate Fund. *Climatic Change*. 2021. Vol.167(3-4), 45. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10584-021-03190-1>
415. Stranded assets and renewables: How the energy transition affects the value of energy reserves, buildings and capital stock. *International Renewable Energy Agency*. IRENA. 2017. URL: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2017/Jul/IRENA_REmap_Stranded_assets_and_renewables_2017.pdf.

416. Strategic Foresight Report: Twinning the green and digital transitions in the new geopolitical context. *European Commission*. 2022. URL: <https://ec.europa.eu/newsroom/env/items/762012/>
417. Su R., Sun R. Editorial: Impact of climate change on the hydrological cycle. *Journal of Water and Climate Change*. 2021. Vol.12(7). DOI: <https://doi.org/10.2166/wcc.2021.100>.
418. Suésécenko O., Schwarze R. Green and resilient urban recovery (case of Ukraine). Leipzig: UFZ Discussion Paper, 2023. 42 p. URL: <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/278754/1/1860934072.pdf>
419. Sun H., Kporsu A. K., Taghizadeh-Hesary F., Edziah B. K. Estimating environmental efficiency and convergence: 1980 to 2016. *Energy*. 2020. Vol.208. P. 118-224. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.118224>
420. Sustainability transitions: Policy and practice. Publications Office of the European Union. *European Environment Agency*. 2019. URL: <https://www.eea.europa.eu/publications/sustainability-transitions-policy-and-practice>
421. Sustainable development policies of renewable energy and technological innovation toward climate and sustainable development goals/ Xing L. et al. *Sustainable Development*. 2023. Vol.31(2). P.1178-1192. DOI: <https://doi.org/10.1002/sd.2514>.
422. Talaei A., Gemechu E., Kumar A. Key factors affecting greenhouse gas emissions in the Canadian industrial sector: A decomposition analysis. *Journal of Cleaner Production*. 2020. Vol.246, 119026. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119026>.
423. Tan E. C., Lamers P. Circular bioeconomy concepts—a perspective. *Frontiers in sustainability*. 2021. Vol. 2, 701509. DOI: <https://doi.org/10.3389/frsus.2021.701509>.
424. Tan J., Wang R. Research on evaluation and influencing factors of regional ecological efficiency from the perspective of carbon neutrality. *Journal of environmental management*. 2021. Vol. 294, 113030. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113030>.
425. Tao R., Umar M., Naseer A., Razi U. The dynamic effect of eco-innovation and environmental taxes on carbon neutrality target in emerging seven (E7) economies.

- Journal of environmental management*. 2021. Vol.299, 113525. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113525>.
426. Terzić L. 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*. 2023. No. 3. P.307-332. DOI: <https://doi.org/10.56497/etj2368303>.
427. The A List 2023. CDP, 2023. URL <https://www.cdp.net/en/companies/companies-scores>
428. The CARE principles for indigenous data governance/ Carroll et al. *Data science journal*. 2020. No.19. DOI: <https://doi.org/10.5334/dsj-2020-043>
429. The Climate Change Performance Index 2024: Results. CCPI, 2023. URL <https://ccpi.org/>
430. The European Green Deal - more than climate neutrality/ Wolf S. et al. *Intereconomics*. 2021. Vol.56. P.99-107. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10272-021-0963-z>.
431. The European Green Deal: Communication from European Commission. Brussels: European Commission, 2019. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52019DC0640>
432. The Green Future Index 2023 : report. MIT Technology Review Insights, 2023. URL <https://www.technologyreview.com/2023/04/05/1070581/the-green-future-index-2023/>
433. The impact of Russia's war against Ukraine on global food security. *European Commission*. 2023. URL: https://knowledge4policy.ec.europa.eu/publication/ec-impact-russia%E2%80%99s-war-against-ukraine-global-food-security-february-2023_en
434. The Macroeconomic Impact of Climate Change: Global vs. Local Temperature. *National Bureau of Economic Research*. 2020. No. w32450. DOI: <https://doi.org/10.3386/w32450> URL: <https://www.nber.org/papers/w32450>
435. The potential for successful climate policy in National Energy and climate plans: Highlighting key gaps and ways forward/ Williges K. et al. *Sustain Earth*. 2022. Vol.5, 1. DOI: <https://doi.org/10.1186/s42055-022-00046-z>.

436. The real climate and transformative impact of ICT: A critique of estimates, trends, and regulations / Freitag et al. *Patterns*. 2021. Vol.2. 100340. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.patter.2021.100340>.
437. The right to resist: Disciplining civil society at Rio+ 20. / Corson and etc. *Journal of Peasant Studies*. 2015. Vol.42(3-4). P. 859-878. DOI: <https://doi.org/10.1080/03066150.2014.992884>.
438. The role of new energy in carbon neutral/ Zou C. et al. *Petroleum Exploration and Development*. 2021. Vol.48. P.480-491. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1876-3804\(21\)60039-3](https://doi.org/10.1016/S1876-3804(21)60039-3).
439. The Sustainable Development Goals Report 2022. *United Nations*. 2022. URL: https://unstats.un.org/sdgs/report/2022/extended-report/Extended-Report_Goal-7.pdf
440. *The voice of digitally transforming industries in Europe*. DIGITALEUROPE, 2024. URL: <https://www.digitaleurope.org/>
441. Thompson N. C., Greenewald K., Lee K., Manso G. F. The computational limits of deep learning. *arXiv:2007.05558*. 2020. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2007.05558>
442. Three decades of EU climate policy: Racing toward climate neutrality?/ Dupont and etc. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*. 2024. Vol.15(1), e863. DOI: <https://doi.org/10.1002/wcc.863>.
443. Toktarova A., Walter V., Göransson L., Johnsson F. Interaction between electrified steel production and the north European electricity system. *Applied Energy*. 2022. Vol.310, 118584. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.118584>
444. Tol R. S. Social cost of carbon estimates have increased over time. *Nature climate change*. 2023. Vol.13(6). P.532-536. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41558-023-01680-x>.
445. Toscano A., Balzarotti M. And Re I. Sustainability Practices and Greenwashing Risk in the Italian Poultry Sector: A Grounded Theory Study. *Sustainability*. 2022.T. 14 (21). P.1408-1419. DOI: <https://doi.org/10.3390/su142114088>.
446. Toward Carbon Neutrality: Circular Economy Approach and Policy Implications/ Wei W. and etc. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*. Vol.36. P.1030-1038. DOI: <https://doi.org/10.16418/J.ISSN.1000-3045.20210808002>.

447. Towards a Green and Digital Future: Key Requirements for Successful Twin Transitions in the European Union / Muench S. et al. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2022. 112 pages.
448. Towards Our Common Digital Future. Flagship Report. *German Advisory Council on Global Change. WBGU*. 2019. URL: <https://www.wbgu.de/en/publications/publication/towards-our-common-digital-future>
449. Towards Our Common Digital Future/ Messner D. et al. *WBGU Flagship Report*. 2019. URL: https://www.wbgu.de/fileadmin/user_upload/wbgu/publikationen/hauptgutachten/hg2019/pdf/wbgu_hg2019_en.pdf
450. Townsend J. H., Coroama V. C. Digital acceleration of sustainability transition: The paradox of push impacts. *Sustainability*. 2018. Vol.10(8), 2816. DOI: <https://doi.org/10.3390/su10082816>.
451. Tramel S. Convergence as political strategy: social justice movements, natural resources and climate change. *Third World Quarterly*. 2018. Vol.39. P.1290-1307. DOI: <https://doi.org/10.1080/01436597.2018.1460196>
452. Transient responses of a coupled ocean–atmosphere model to gradual changes of atmospheric CO₂. Part I. Annual mean response / Manabe S. et al. *Journal of Climate*. 1991. Vol. 4(8). P. 785-818.
453. Trends and opportunities of bivalve shells’ waste valorization in a prospect of circular blue bioeconomy/ Summa D. et al. *Resources*. 2022. Vol.11(5), 48. DOI: <https://doi.org/10.3390/resources11050048>.
454. Trends in energy consumption under the multi-stage development of ICT: Evidence in China from 2001 to 2030/ Wang P. et al. *Energy Reports*. 2022. Vol.8. P.8981-8995. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.07.003>.
455. Tsakalidis A., Gkoumas K., Pekár F. Digital Transformation Supporting Transport Decarbonisation: Technological Developments in EU-Funded Research and Innovation. *Sustainability*. 2020. Vol.12, 3762. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12093762>.
456. Turner R. K., Pearce D. W., Bateman I. Environmental economics: an elementary introduction. *Johns Hopkins University Press*. 1993. URL:

- https://books.google.com.ua/books?id=twmdbqUjsfcC&printsec=frontcover&hl=uk&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false.
457. Twenty years of climate policy: G20 coverage and gaps/ Nascimento L. et al. *Climate policy*. 2022. Vol.22(2). P.158-174. DOI: <https://doi.org/10.1080/14693062.2021.1993776>
458. UK Manufacturing Foresight: Future Drivers of Change/ More E. et al. *Manufacturing the Future EPSRE Conference*. 2013. URL: https://www.academia.edu/8884306/UK_Manufacturing_Foresight_Future_Drivers_of_Change.
459. Umar M., Raza M. Y., Xu Y. Determinants of CO2 emissions and economic progress: a case from a developing economy. *Heliyon*. 2023. Vol.9(1). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12303>
460. UN 2.0: Quintet of Change. *United Nations*. 2021. URL: https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/2021/09/un_2.0_-_quintet_of_change.pdf
461. Understanding Mobility as a Service (MaaS): Past, present and future/ Hensher et al. *Elsevier*. 2020. URL: <https://www.sciencedirect.com/book/9780128200445/understanding-mobility-as-a-service-maas>
462. Van der Heijden J. 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*. 2019. Vol.1, 100005. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.esg.2019.100005>.
463. Van der Velden M. Digitalisation and the UN Sustainable Development Goals: What role for design. *ID&A Interaction design & architecture* (s). 2018. Vol.37. P.160-174. DOI: <https://doi.org/10.55612/s-5002-037-008>.
464. Verde S. F. The impact of the EU emissions trading system on competitiveness and carbon leakage: the econometric evidence. *Journal of Economic Surveys*. 2020. Vol.34(2). P.320-343. DOI: <https://doi.org/10.1111/joes.12356>.
465. Versal N., Sholoiko A. Green bonds of supranational financial institutions: On the road to sustainable development. *Investment Management and Financial Innovations*. 2022. DOI: [https://doi.org/10.21511/imfi.19\(1\).2022.07](https://doi.org/10.21511/imfi.19(1).2022.07).

466. Vial G. Understanding digital transformation: A review and a research agenda. *The Journal of Strategic Information Systems*. 2019. Vol.28. P.118-144. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.JSIS.2019.01.003>.
467. Vijai C., Wisetsri W., Elayaraja M. Climate change and its impact on agriculture. *International Journal of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine*. 2023. Vol.11(4). DOI: <https://doi.org/10.25303/1104ijasvm0108>.
468. Voitsekh V. Retrospective analysis of the word “digitalization”. *Business, Economics, Sustainability, Leadership and Innovation*. 2023. No.9. DOI: <https://doi.org/10.37659/2663-5070-2022-9-4-9>.
469. von Malmborg, F. Explaining differences in policy learning in the EU “Fit for 55” climate policy package. *European Policy Analysis*. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1002/epa2.1210>.
470. Vosoughi S., Roy D., and S. Aral The spread of true and false news online. *Science*. 2018. Vol. 359 (6380). P. 1146–1151. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.aap955>
471. Vrana J., Singh R. Digitization, digitalization, and digital transformation. *Handbook of nondestructive evaluation 4.0*. 2021. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-48200-8_39-1.
472. Wang F., Cai W., Elahi E. Do Green Finance and Environmental Regulation Play a Crucial Role in the Reduction of CO2 Emissions? An Empirical Analysis of 126 Chinese Cities. *Sustainability*. 2021. Vol.13(23). DOI: <https://doi.org/10.3390/su132313014>.
473. Wang L., Liu S., Xiong W. The Impact of Digital Transformation on Corporate Environment Performance: Evidence from China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022. Vol.19. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph191912846>.
474. Wang S. J., Moriarty P. Energy savings from Smart Cities: A critical analysis. *Energy Procedia*. 2019. Vol.158. P.3271–3276. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2019.01.985>

475. Wang Y., Taghizadeh-Hesary F. Green bonds markets and renewable energy development: Policy integration for achieving carbon neutrality. *Energy Economics*. 2023. Vol.123, 106725. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2023.106725>.
476. Wendler F. Contesting the European Union in a changing climate: policy narratives and the justification of supranational governance. *Journal of Contemporary European Studies*. 2022. Vol 30, No 1. P.67-83. DOI: <https://doi.org/10.1080/14782804.2021.1882107>
477. Wilson N. On the Road to Convergence Research. *Convergence Mental Health*. 2019. Vol. 69(8). DOI: <https://doi.org/10.1093/BIOSCI/BIZ066>
478. Woerdman E., Roggenkamp M., Holwerda M. Essential EU climate law. 2021. Edward Elgar Publishing. DOI: <https://doi.org/10.4337/9781788971300>.
479. *World Economic Outlook, April 2023: A Rocky Recovery*. IMF, 2023. URL: <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2023/04/11/world-economic-outlook-april-2023>
480. World Energy Outlook. International Energy Agency, 2021. URL: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2021>
481. World Energy Outlook. International Energy Agency, 2023. URL: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023>
482. World Energy Trilemma 2024: Evolving with Resilience and Justice. World energy council, 2024. URL <https://www.worldenergy.org/publications/entry/world-energy-trilemma-report-2024>
483. Wüstenhagen R., Wolsink M., Burer M. J. Social Acceptance of Renewable Energy Innovation: An Introduction to the Concept. *Energy Policy*. 2007. Vol.35(5). P.2683–2691. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2006.12.001>
484. Xinfu T., Jinglin L. Study of the mechanism of digitalization boosting urban low-carbon transformation. *Frontiers in Environmental Science*. 2022. Vol.10. DOI: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.982864>.
485. Yang H., Shahzadi I., Hussain M. USA carbon neutrality target: Evaluating the role of environmentally adjusted multifactor productivity growth in limiting carbon emissions. *Journal of environmental management*. 2021. Vol.298, 113385. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113385>.

486. Yu W., Gu Y. And Dai J. Industry 4.0-Enabled ESG Reporting: A Case from a Chinese Energy Company. *SSRN Electronic Journal*. 2022. T. 20(1). P. 245-258. DOI: <https://doi.org/10.2139/ssrn.4063071>.
487. Yu-hai Z. Low-Carbon Economy and Low-Carbon Technology. *Journal of Xi'an University of Arts and Science*. 2010. Vol.11. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1273204>.
488. Zagoruiko I., Petkova L. Model of world technological and economic efficiency frontiers. *Journal of International Studies*. 2022. Vol. 15. № 2. P. 174-198. DOI: 10.14254/2071-8330.2022/15-2/12
489. Zero Partnership : report. Strategic Research and Innovation Agenda (SRIA), 2021. URL <https://www.2zeroemission.eu/wp-content/uploads/2021/12/2021-2Zero-SRIA-FINAL-1.pdf>
490. Zhanbayev R., Bu W. How does digital finance affect industrial transformation? *Journal of Information Economics*. 2023. DOI: <https://doi.org/10.58567/jie01010002>.
491. Zhang W., Zhou H., Chen J., Fan Z. 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*. 2022. Vol.19(20), 13192. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph192013192>.
492. Zhao J., Liu D., Huang R. A review of climate-smart agriculture: Recent advancements, challenges, and future directions. *Sustainability*. 2023. Vol.15(4), 3404. DOI: <https://doi.org/10.3390/su15043404>
493. Zhao W. China's goal of achieving carbon neutrality before 2060: experts explain how. *National Science Review*. 2022. Vol.9(8), nwac115. DOI: <https://doi.org/10.1093/nsr/nwac115>
494. Ziegler R. Climate Neutrality – Towards An Ethical Conception of Climate Neutrality. *Ethics, Policy & Environment*. 2016. Vol.19. P.256-272. DOI: <https://doi.org/10.1080/21550085.2016.1226241>.

Додаток А

Детермінанти кліматичної нейтральності світової економіки: аналіз наукових досліджень

Ікбал Н. та ін. [178]		
Диверсифікація експорту	Екологічні інновації	Фіскальна децентралізація
Зменшення залежності від певних галузей шляхом розширення асортименту експортованих товарів та послуг для зниження ризиків і підвищення кліматичної 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
Тан Дж., Вонг Р. [424]		
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 підтримує кліматичну сталість, включаючи розвиток громадського транспорту та енергоефективних будівель
Квін Л. та ін. [134]		
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
Тао Р. та ін. [425]		
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
Лі М. та ін. [385]		
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

Патіл А. та ін. [207]		
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
Шао К. та ін. [396]		
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
Шреєр Ф. та ін. [151]		
Технології управління вуглецем	Мережа транспортування CO₂	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
Вей В. та ін. [446]		
Циркулярна 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
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
Янг Х., Шахзаді І., Хуссейн М. [485]		
Інноваційні зелені процеси		Екологічна стабільність у виробництві
Використання інноваційних зелених процесів для підвищення екологічної ефективності виробництва та кліматичної сталості		Орієнтація на екологічну стабільність у виробництві для зменшення впливу на навколишнє середовище та клімат

Додаток Б

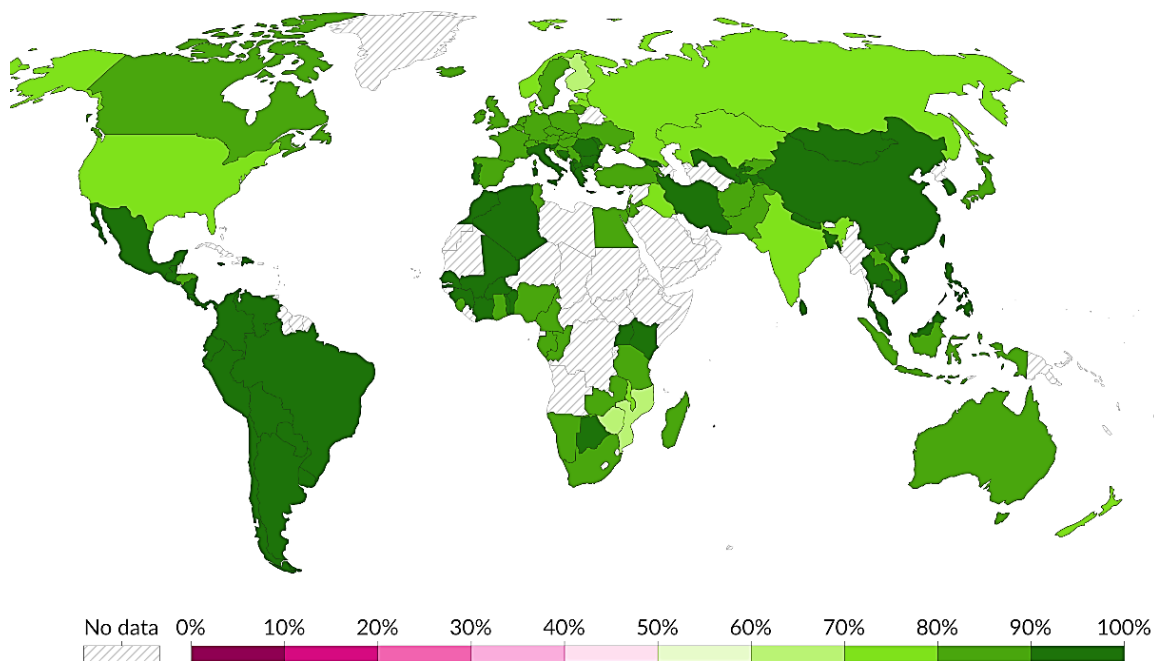


Рис. Б.1. Відсоток громадян, які вважають за необхідне посилити дії уряду у подоланні кліматичного виклику

Джерело: відкрита статистична платформа ourworldindata.org

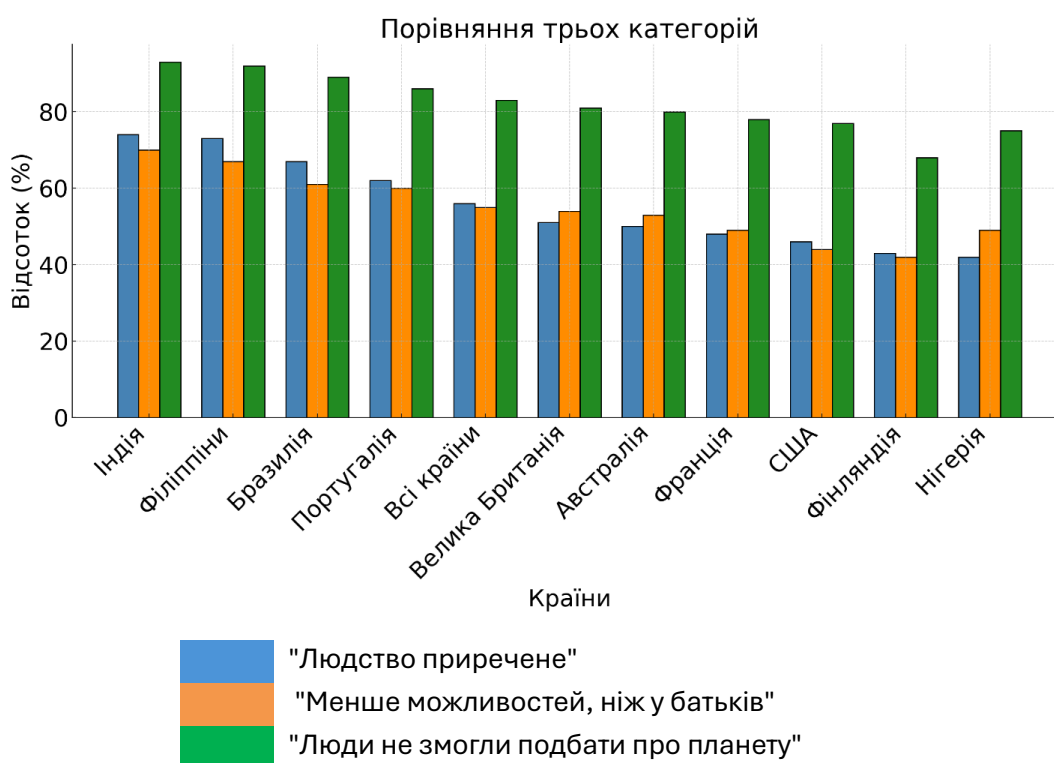


Рис. Б.2. Опитування молоді щодо їх бачення майбутнього у світлі зміни клімату (% погодження з тезою у різних країнах)

Джерело: побудовано за статистикою відкритої статистичної платформи ourworldindata.org (Opinions of young people on the threats of climate change, 2021)

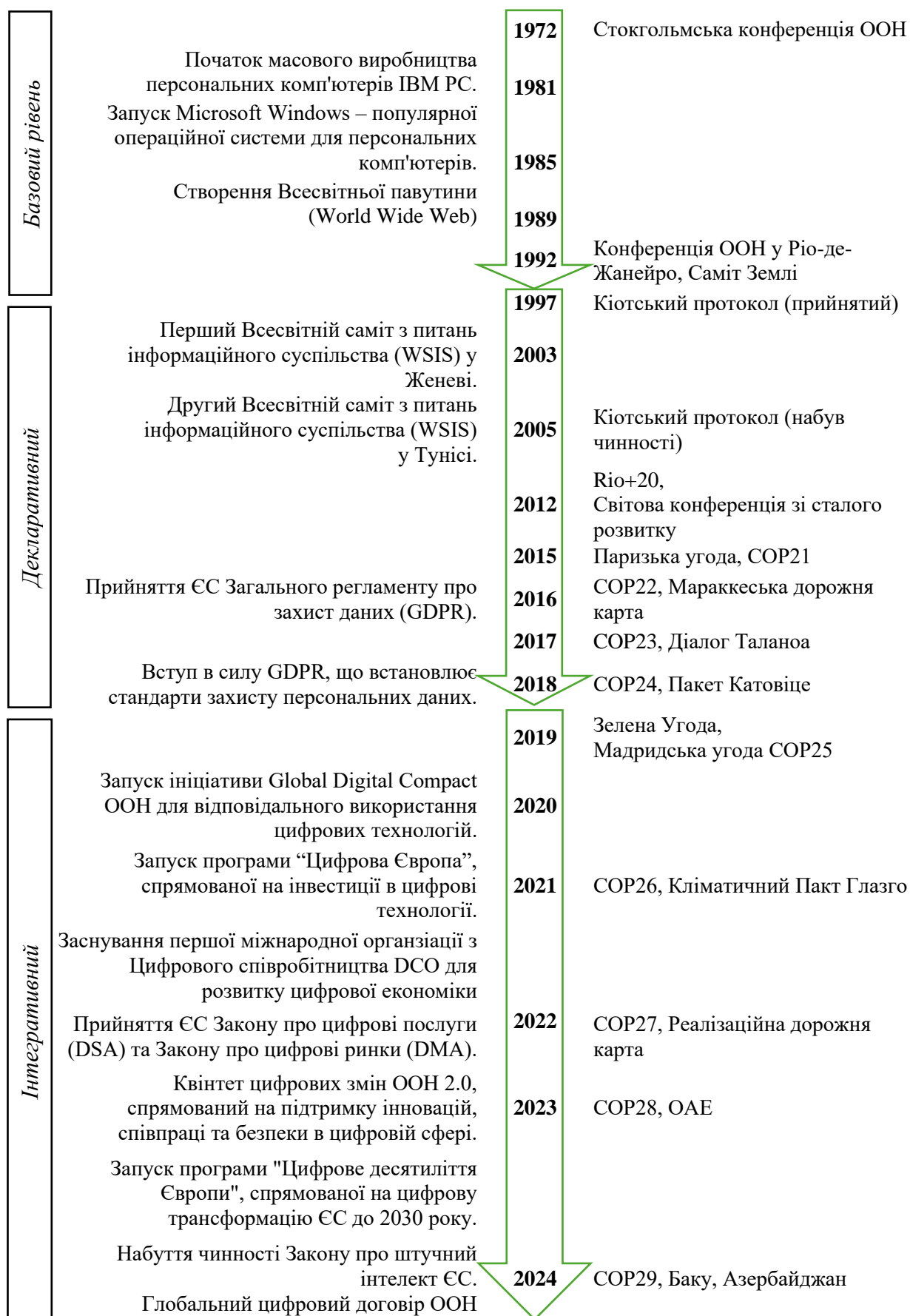


Рис. Б.3. Еволюційна динаміка міжнародних цифрових та кліматичних ініціатив та подій

Джерело: сформовано автором

Додаток В

Ключові інструменти Зеленого курсу ЄС та їх роль для досягнення кліматичної нейтральності

Назва (ориг. англ.)	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, індустрія, 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 водородом, стимули для виробників і споживачів.	Зменшення залежності від викопних палив, зниження викидів.
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 енерго-ефективності 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.

Продовж. Додатку А

1	2	3	4	5
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.
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 енергоефективності, 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.

Додаток Г

Застосування триангуляції в дослідженні зв'язку диджиталізації та кліматичної нейтральності

Аргумент	Можливості		Механізм
Глобальний масштаб дослідження	інтеграція даних з різних країн та окремих галузей господарювання для глобального розуміння процесів	можливість враховувати регіональні і глобальні контексти	Аналіз на різних рівнях даних (глобальному, регіональному, країновому, галузевому), що підсилюється кількісними методами
Міждисциплінарність окремих аспектів наукової проблеми	знання з різних областей (економічний, соціальний, екологічний, технологічний дискурс)	інтеграція наукових підходів для цілісного розуміння предметної області	Міждисциплінарний підхід, що поєднує різні джерела даних і методи аналізу
Комплексний вплив диджиталізації на різні сектори економіки ↓ водночас ↓	аналіз впливу диджиталізації на різні економічні галузі через поєднання різних аспектів зеленого розвитку	ідентифікація галузевих особливостей та специфіки адаптації до змін клімату	Поєднання теоретичних моделей і джерел даних дозволяє враховувати галузеву специфіку
Повсюдність вимог до кліматичної нейтральності світової економіки			
Двосторонність впливу цифрових технологій на кліматичну сталість	розуміння суперечливих ефектів цифрових технологій на клімат через комплексний аналіз	баланс між позитивними і негативними впливами (ефекти відскоку) для точніших висновків	Зіставлення результатів якісного аналізу та кількісних методів, що допомагає зрівноважити суперечливі аспекти
Висока динамічність процесів	адаптація канви дослідження до нових даних	гнучкість у дослідженні змінних умов (поява нових цифрових рішень, платформ, зелених ініціатив тощо)	Гнучкість та адаптивність забезпечується поєднанням різних джерел даних, кількісних методів та інтерпретації
Наявність різних джерел даних	можливість інтегрувати та узгоджувати дані з різних джерел для кращої повноти аналізу	порівняння даних між різними регіонами та секторами для виявлення тенденцій та дисбалансів	Поєднання різних джерел даних і кількісних методів аналітики забезпечує інтеграцію та порівняння
Глибока емпірична перевірка гіпотез	надійна перевірку гіпотез через використання кількісних та якісних методів	розширені можливості аналізу через поєднання різних методів оцінки результатів	Перевірка гіпотез через поєднання теоретичних моделей та кількісних методів

Джерело: сформовано автором на основі праць [213, 132, 348]

Додаток Д

Таблиця Д.1.

Глобальні індекси цифрового та зеленого розвитку за країнами світу

Країни (ранжовані за обсягом викидів)	Індекс зеленого майбутнього	Індекс ефективності у боротьбі зі змінами клімату	Глобальний індекс кліматичних ризиків	Індекс енергетичної трілеми	Індекс цифрової конкуренто- спроможності світу	Індекс розвитку ІКТ	Індекс цифрової якості життя	Викиди, мегатон	% у загальному обсязі
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Китай	5,12	45,56	43,82	64	82	85,80	0,56	15684,63	29,16
США	5,39	42,79	103,00*	80	100	96,70	0,66	6017,44	11,19
Індія	4,25	70,25	16,67	57	52	30,30	0,52	3943,26	7,33
Росія	3,57	25,28	50,67	66	55*	90,60	0,51	2579,80	4,80
Бразилія	4,70	61,74	33,67	68	44	82,00	0,52	1310,50	2,44
Індонезія	4,29	57,20	24,83	61	56	82,80	0,46	1240,83	2,31
Японія	5,10	42,08	14,50	76	69	93,20	0,68	1182,77	2,20
Іран	2,57	23,53	27,00	61		82,20	0,34	951,98	1,77
Мексика	4,54	55,81	59,50	62	47	80,70	0,46	819,87	1,52
Саудівська Аравія	4,11	19,33	73,00	63	71	95,70	0,54	810,51	1,51
Німеччина	5,92	65,77	61,33	81	78	87,80	0,74	784,00	1,46
Канада	5,69	31,55	65,67	82	90	88,60	0,65	756,81	1,41
Південна Корея	6,00	29,98	64,00	75	95	94,40	0,66	725,74	1,35
Туреччина	3,83	43,82	66,00	65	48	87,50	0,50	687,53	1,28
Австралія	4,56	45,72	28,00	77	85	95,10	0,63	571,38	1,06
Пакистан	3,72	59,35	25,00	46		55,60	0,35	546,10	1,02
Південна Африка	5,23	49,53	32,50	58	43	83,60	0,44	534,53	0,99
В'єтнам	4,13	60,94	50,17	62		85,00	0,50	489,16	0,91
Таїланд	4,12	61,38	43,17	60	66	91,00	0,52	463,87	0,86
Франція	5,99	57,12	52,50	81	74	89,80	0,79	430,36	0,80
Великобританія	6,12	62,36	90,83	80	81	93,60	0,69	426,56	0,79
Нігерія	4,18	63,88	70,00	39		46,90	0,38	407,69	0,76
Польща	5,38	44,40	80,00	71	62	95,80	0,66	400,82	0,75
Італія	5,70	50,60	43,50	75	58	87,70	0,65	394,75	0,73
Аргентина	4,31	45,39	60,00	71	40	83,40	0,56	382,99	0,71
Єгипет	3,99	61,80	102,00	62		76,80	0,38	377,78	0,70
Ірак	2,90		84,33	54		73,90		367,94	0,68
Малайзія	3,67	38,57	87,33	70	68	95,00	0,59	353,92	0,66
Казахстан	4,13	38,52	118,00	63	67	90,10	0,53	331,53	0,62
Іспанія	5,92	63,37	42,83	78	70	92,50	0,72	328,59	0,61
Об'єднані Арабські Емірати	4,78	24,55	118,00	71	88	97,50	0,58	295,11	0,55
Алжир	3,09	44,54	105,17	62		80,90	0,35	284,45	0,53

Продовж. Табл. Д1

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
Бангладеш	3,45		23,50	46		62,00	0,41	281,08	0,52
Філіппіни	4,56	70,70	26,67	57	42	74,40	0,49	265,30	0,49
Узбекистан	3,00	46,68	118,00			84,90	0,34	227,21	0,42
Колумбія	4,83	58,68	36,33	65	39	73,20	0,50	215,54	0,40
Україна	4,38	60,40	76,17	60*	46*	81,00	0,53	208,61	0,39
Катар	3,43	28,90	118,00	65	71	97,80	0,53	194,65	0,36
Ефіопія	4,04	63,50	69,33	44		39,80	0,22	192,47	0,36
Венесуела			118,00		37	67,70	0,31	169,52	0,32
М'янма			31,33	45		63,80		169,39	0,31
Кувейт	4,05		118,00	65	60	100,00	0,47	167,86	0,31
Нідерланди	6,22	69,98	97,17	78	99	92,50	0,71	167,85	0,31
Оман	4,00		84,67	65	59	91,70	0,49	137,24	0,26
Чилі	5,08	68,74	33,00	72	59	91,70	0,56	137,01	0,25
Чехія	4,97	45,41	92,83	79	77	88,00	0,65	124,50	0,23
Кенія	4,66		33,00	54		58,50	0,42	117,89	0,22
Румунія	4,66	61,50	104,50	76	53	87,60	0,69	117,06	0,22
Марокко	4,73	69,82	79,67	59		86,80	0,42	114,77	0,21
Бельгія	5,84	55,00	66,00	78	86	89,30	0,65	114,03	0,21
Перу	3,97		56,33	65	45	76,40	0,49	105,14	0,20
Білорусь	3,90	46,80	118,00	63		88,50	0,44	99,87	0,19
Австрія	5,37	58,17	56,83	82	79	94,30	0,72	76,74	0,14
Греція	5,56	60,34	45,00	71	49	86,50	0,58	76,03	0,14
Болгарія	5,31	46,80	101,00	70	46	88,70	0,57	68,41	0,13
Угорщина	5,09	45,93	85,83	78	54	87,40	0,61	66,21	0,12
Ірландія	5,69	51,42	104,50	77	80	90,70	0,65	62,42	0,12
Швеція	6,34	69,39	100,50	84	94	95,30	0,71	60,64	0,11
Португалія	5,52	67,39	48,33	77	65	87,40	0,64	59,71	0,11
Фінляндія	6,69	61,11	97,83	83	93	98,10	0,75	54,81	0,10
Данія	6,34	75,59	75,50	84	97	97,10	0,74	45,80	0,09
Словаччина	4,81	54,47	77,17	77	55	87,10	0,62	45,56	0,08
Хорватія	5,28	57,32	75,17	77	57	89,60	0,61	24,18	0,04
Литва	5,20	62,99	118,00	76	73	94,20	0,70	20,85	0,04
Словенія	5,36	53,57	91,83	79	64	90,80	0,61	18,28	0,03
Естонія	5,35	72,07	75,67	80	83	97,90	0,72	13,81	0,03
Латвія	5,30	57,68	86,83	77	61	94,30	0,64	11,11	0,02
Кіпр	5,10	53,09	118,00	65	50	88,60	0,63	10,63	0,02
Люксембург	5,57	65,09	72,83	78	75	92,60	0,74	8,48	0,02
Мальта	4,90	59,80	67,33	71	51	93,50	0,62	2,18	0,00

60* - дані по країні прогнозні

— - дані відсутні

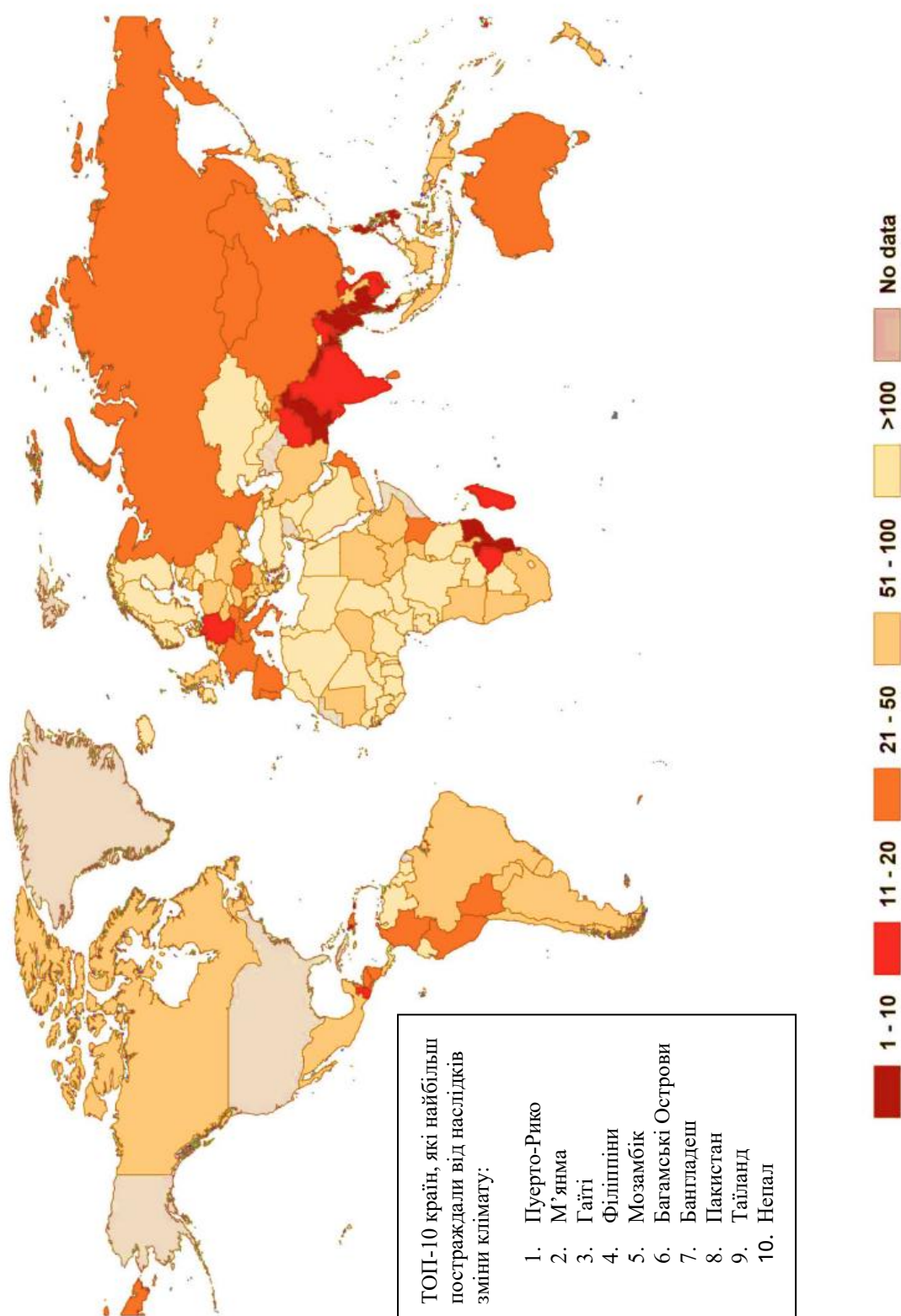


Рис. Д.1. Ранжування країн за Індексом кліматичних ризиків (період оцінки 2000-2019)

Джерело: Звіт [188]

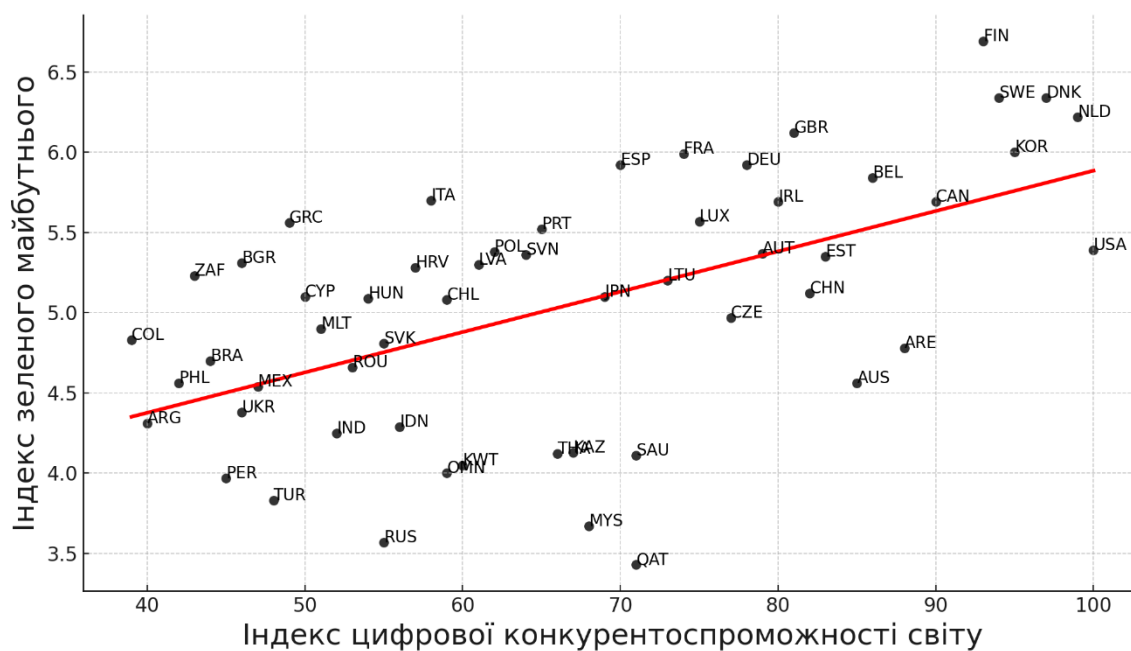


Рис. Д.2. Зв'язок між цифровою конкурентоспроможністю та індексом зеленого майбутнього

Джерело: розраховано автором

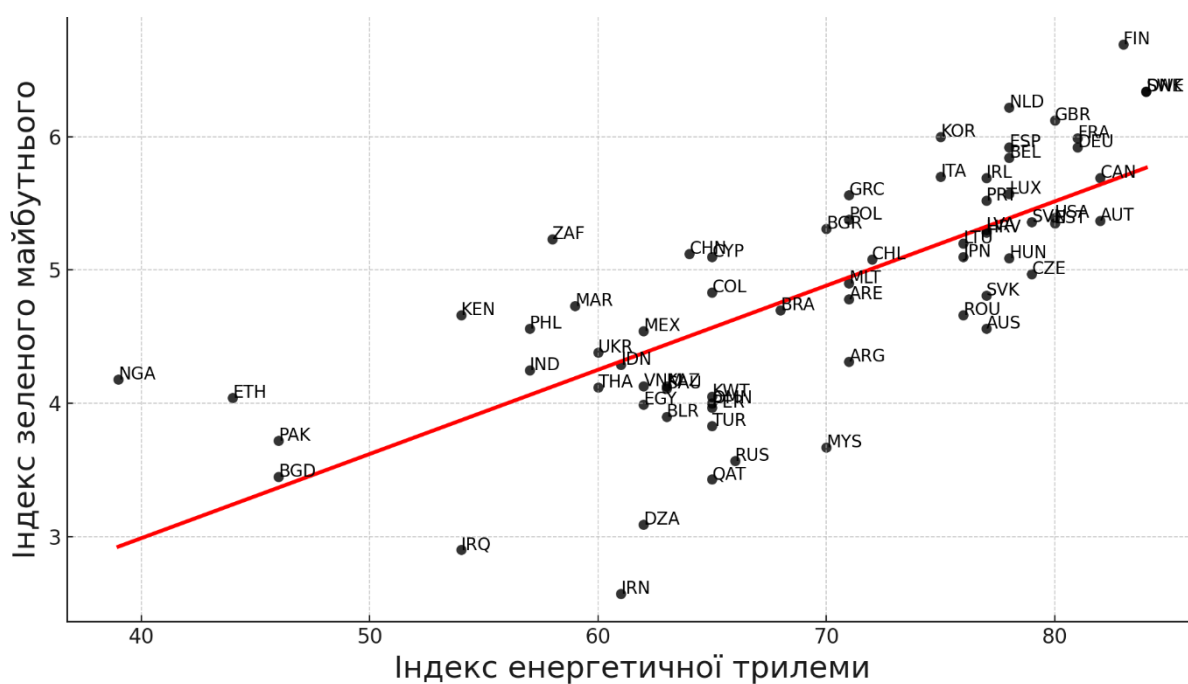


Рис. Д.3. Зв'язок між індексом енергетичної трилеми та зеленого майбутнього

Джерело: розраховано автором

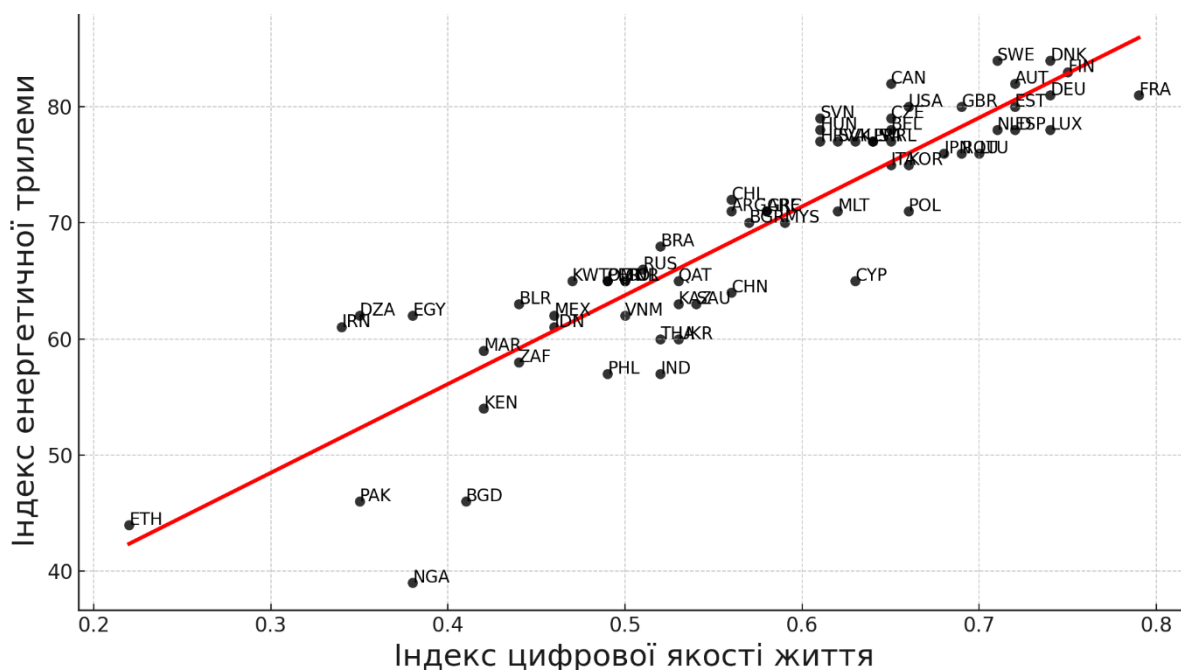


Рис. Д.4. Зв'язок між індексом цифрової якості життя та енергетичної триліми

Джерело: розраховано автором

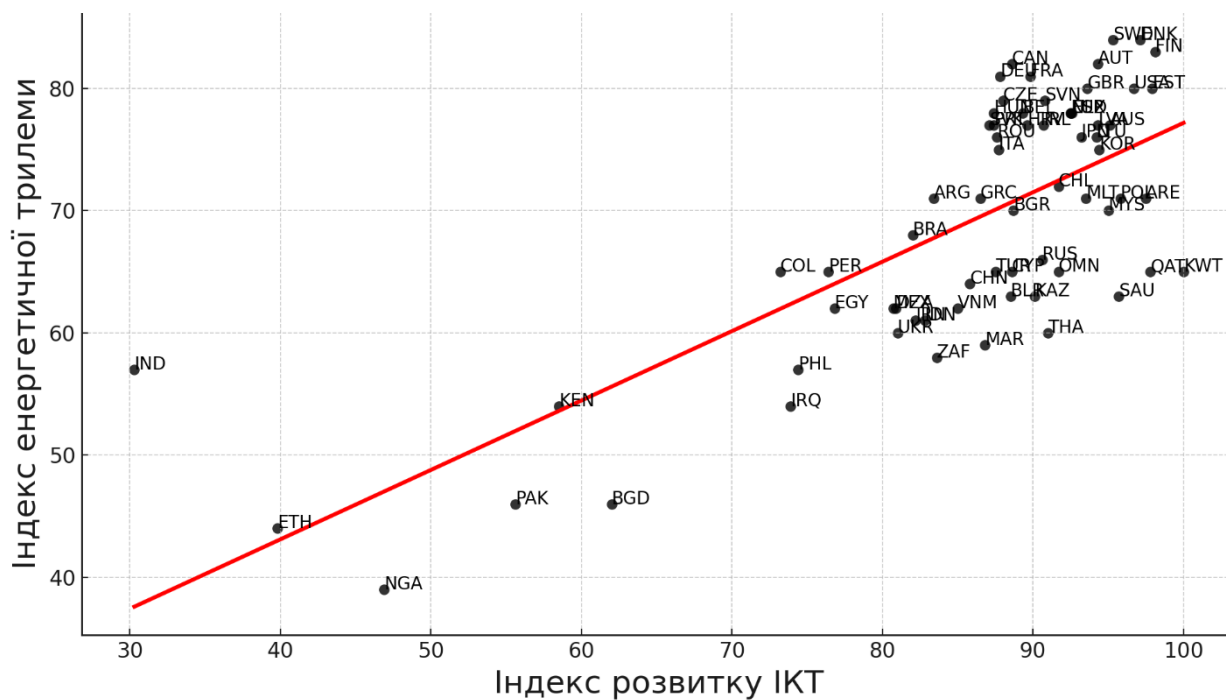


Рис. Д.5. Зв'язок між індексом цифрової якості життя та енергетичної триліми

Джерело: розраховано автором

Додаток Е
Аналіз показників (світовий рівень)

Країни	ВВП, трлн дол	Викиди вуглецю, Мт	Викиди CO2 від викопного палива, млн т	Вуглецева інтенсивність ВВП (за паритетом купівельної спроможності), кг	Доступ до електроенергії, % нас.	Відновлювальна енергія, % заг. споживання енергії	Доступ до екологічно чистих видів палива та технологій для приготування їжі (сільська місцевість), % нас.	Користувачі інтернету, % нас.	Абоненти мобільного стільникового зв'язку, на 100 осіб	Фіксовані підписки широкопasmового доступу, на 100 осіб
	<i>f1</i>	<i>f2</i>	<i>f3</i>	<i>f4</i>	<i>f5</i>	<i>f6</i>	<i>f7</i>	<i>f8</i>	<i>f9</i>	<i>f10</i>
ALB	0,02	7,98	4383,20	0,11	100,00	41,90	69,00	79,32	97,89	20,48
DZA	0,23	284,45	161563,00	0,29	100,00	0,10	98,90	70,77	109,17	10,48
AGO	0,10	66,48	19814,50	0,09	48,50	52,90	8,60	32,60	67,37	0,39
ARG	0,63	382,99	154535,90	0,15	100,00	9,20	97,70	87,15	132,36	24,63
ARM	0,02	9,38	6746,60	0,15	100,00	9,10	95,50	78,61	135,25	18,37
AUS	1,69	571,38	378996,80	0,27	100,00	12,30	100,00	96,24	107,03	35,20
AUT	0,47	76,74	59142,40	0,11	100,00	36,00	100,00	92,53	123,43	29,32
AZE	0,08	68,88	34305,00	0,22	100,00	1,30	98,00	86,00	106,85	20,24
BHS	0,01	1,88	2456,00	0,24	100,00	1,10	100,00	94,29	98,54	20,49
BHR	0,04	69,98	32470,20	0,43	100,00	0,00	100,00	100,00	145,44	11,70
BGD	0,46	281,08	85493,10	0,08	99,40	25,00	11,10	38,92	105,26	6,93
BRB	0,01	0,93	1096,07	0,27	100,00	5,50	100,00	85,82	114,86	37,58
BLR	0,07	99,87	54801,50	0,23	100,00	8,20	99,30	86,89	123,45	32,77
BEL	0,58	114,03	85364,10	0,13	100,00	11,70	100,00	92,79	101,87	43,51
BEN	0,02	20,69	7980,40	0,19	56,50	54,50	5,10	33,97	108,97	0,16
BTN	0,00	3,07	1035,20	0,11	100,00	81,80	81,40	85,64	94,89	0,63
BIH	0,02	29,32	20946,80	0,39	100,00	36,60	11,70	75,68	117,89	27,08
BWA	0,02	12,61	5763,69	0,16	75,90	27,40	25,30	73,50	165,30	4,20
BRA	1,95	1310,50	414138,80	0,12	100,00	46,50	83,10	80,69	98,89	20,97
BRN	0,02	14,83	9588,00	0,31	100,00	0,00	100,00	98,08	117,76	20,09
BGR	0,09	68,41	34138,10	0,19	100,00	20,40	82,00	75,27	117,43	35,12
BDI	0,00	7,48	713,47	0,07	10,30	83,10	0,10	5,80	57,96	0,03
CPV	0,00	1,30	620,60	0,18	97,10	22,60	55,50	69,76	99,23	5,75
KHM	0,03	50,02	18652,80	0,25	92,30	52,40	44,10	60,15	116,33	3,04
CMR	0,04	43,17	9928,40	0,09	71,00	79,20	5,30	45,60	82,78	2,16
CAN	2,16	756,81	516873,70	0,28	100,00	23,80	100,00	92,83	91,23	43,08
TCD	0,01	89,84	1568,40	0,06	11,70	69,90	0,10	17,87	68,20	0,00
CHL	0,30	137,01	84827,80	0,17	100,00	24,20	100,00	90,19	134,75	22,72
CHN	17,88	15684,63	10944686,20	0,43	100,00	15,20	75,80	73,05	124,88	41,35

Продовж. Додатку Д

	<i>f1</i>	<i>f2</i>	<i>f3</i>	<i>f4</i>	<i>f5</i>	<i>f6</i>	<i>f7</i>	<i>f8</i>	<i>f9</i>	<i>f10</i>
COL	0,35	215,54	79057,60	0,10	100,00	29,70	68,50	73,03	155,79	16,96
COM	0,00	0,92	328,20	0,13	89,90	41,20	5,50	27,34	100,24	0,22
CRI	0,07	16,86	6967,40	0,06	100,00	34,20	90,00	82,75	152,03	21,34
CIV	0,07	36,18	10894,90	0,07	70,40	58,20	7,40	45,43	174,03	1,35
HRV	0,07	24,18	15626,90	0,13	100,00	34,10	100,00	81,25	111,17	26,99
CZE	0,29	124,50	88835,20	0,19	100,00	17,20	100,00	82,67	128,41	38,15
DNK	0,40	45,80	27356,50	0,08	100,00	39,50	100,00	98,87	126,55	44,84
DOM	0,11	41,86	22881,30	0,11	98,10	14,80	79,90	85,24	90,39	10,68
ECU	0,12	76,94	34431,00	0,17	100,00	18,90	85,70	76,20	97,17	14,85
EGY	0,48	377,78	210752,30	0,13	100,00	6,10	99,90	72,06	93,21	9,76
SLV	0,03	13,07	6376,30	0,11	100,00	21,90	86,00	62,88	181,63	10,59
GNQ	0,01	11,55	4350,40	0,19	67,00	5,20	2,70	53,92	53,34	0,11
EST	0,04	13,81	7097,52	0,13	100,00	38,00	100,00	90,98	155,03	40,44
SWZ	0,00	3,39	1147,70	0,11	82,30	65,40	30,40	58,91	122,17	2,25
ETH	0,13	192,47	18098,00	0,06	55,00	90,60	0,60	16,70	56,02	0,46
FIN	0,28	54,81	36329,90	0,12	100,00	50,20	100,00	92,81	128,68	33,91
FRA	2,78	430,36	267154,70	0,08	100,00	16,20	100,00	86,10	118,85	49,40
GAB	0,02	18,63	5349,20	0,16	93,50	91,30	49,00	71,75	125,39	3,36
GEO	0,02	18,05	10255,00	0,16	100,00	25,20	85,30	76,44	156,09	28,72
DEU	4,08	784,00	603350,50	0,13	100,00	17,60	100,00	91,43	125,23	44,98
GHA	0,07	53,01	19401,16	0,10	85,10	39,00	12,70	68,20	119,62	0,62
GRC	0,22	76,03	51002,20	0,16	100,00	21,50	100,00	78,49	109,06	42,82
GNB	0,00	3,24	329,00	0,08	37,40	87,40	0,00	35,15	125,93	0,22
HND	0,03	23,74	8835,40	0,16	94,40	45,90	24,90	48,08	76,08	4,55
HUN	0,18	66,21	44769,30	0,13	100,00	15,30	100,00	88,64	104,06	35,50
ISL	0,03	4,77	1446,60	0,07	100,00	82,40	100,00	99,69	122,52	38,17
IND	3,35	3943,26	2200836,30	0,23	99,20	34,90	62,50	46,31	80,65	2,36
IDN	1,32	1240,83	563197,00	0,17	100,00	20,20	82,30	62,10	114,90	4,88
IRN	0,41	951,98	616561,30	0,50	100,00	0,90	93,40	78,60	164,50	12,34
IRQ	0,29	367,94	163511,50	0,37	100,00	1,10	99,30	48,92	98,18	14,35
IRL	0,53	62,42	33742,20	0,07	100,00	12,70	100,00	95,17	113,28	32,08
ISR	0,53	87,75	58471,80	0,15	100,00	6,20	100,00	90,30	152,22	29,38
ITA	2,07	394,75	281286,80	0,11	100,00	17,50	100,00	74,86	132,97	33,85
JAM	0,02	7,71	5835,60	0,23	100,00	10,50	83,80	82,36	106,20	15,02
JPN	4,26	1182,77	1014064,70	0,19	100,00	8,80	100,00	82,91	167,52	35,96
JOR	0,05	34,54	20974,10	0,20	100,00	11,50	99,30	86,00	67,57	7,06
KAZ	0,23	331,53	211896,70	0,37	100,00	2,00	88,50	90,92	130,42	15,35
KEN	0,11	117,89	19446,80	0,08	76,00	67,70	10,40	28,76	121,67	1,48
KIR	0,00	0,11	56,90	0,17	94,40	42,20	2,00	53,63	48,83	0,27
KWT	0,18	167,86	92308,90	0,52	100,00	0,10	100,00	99,70	181,00	1,47
LVA	0,04	11,11	6928,30	0,11	100,00	44,00	100,00	91,18	117,10	26,40
LSO	0,00	3,02	2311,90	0,40	50,00	33,60	21,00	47,98	67,52	0,39
LTU	0,07	20,85	11693,80	0,10	100,00	33,20	100,00	86,93	139,14	29,40
LUX	0,08	8,48	7853,10	0,10	100,00	20,50	100,00	98,66	137,00	38,67
MDG	0,02	34,98	2745,45	0,06	36,10	83,60	0,60	19,73	70,18	0,11

Продовж. Додатку Д

	<i>f1</i>	<i>f2</i>	<i>f3</i>	<i>f4</i>	<i>f5</i>	<i>f6</i>	<i>f7</i>	<i>f8</i>	<i>f9</i>	<i>f10</i>
MWI	0,01	20,92	1640,00	0,05	14,00	71,10	0,50	24,41	60,13	0,07
MYS	0,41	353,92	245139,30	0,26	100,00	7,50	78,85	96,75	141,29	12,44
MDV	0,01	2,42	1454,00	0,22	100,00	1,40	99,70	85,76	136,54	17,41
MLI	0,02	49,38	4150,70	0,08	53,00	71,20	0,60	34,49	114,50	0,79
MLT	0,02	2,18	1610,70	0,07	100,00	8,60	100,00	87,47	131,59	43,03
MRT	0,01	16,67	3847,10	0,15	49,00	22,10	20,10	58,76	113,12	0,29
MUS	0,01	6,41	3720,20	0,14	100,00	8,60	99,10	67,58	161,36	25,73
MEX	1,46	819,87	383131,40	0,16	100,00	13,00	62,60	75,63	100,29	19,49
MDA	0,01	12,32	8611,20	0,24	100,00	21,40	97,40	61,29	127,42	24,44
MNG	0,02	62,79	21184,70	0,46	100,00	3,00	17,50	81,61	142,29	12,85
MOZ	0,02	40,07	6945,50	0,16	33,20	76,90	0,20	17,37	42,07	0,18
MMR	0,06	169,39	33874,60	0,11	73,70	62,90	36,00	44,02	106,70	2,08
NAM	0,01	13,10	3952,80	0,15	56,20	30,00	13,50	52,97	113,20	3,75
NLD	1,01	167,85	130315,10	0,12	100,00	12,20	100,00	92,05	118,07	44,47
NZL	0,25	82,72	31359,70	0,14	100,00	28,90	100,00	95,91	114,69	35,93
NGA	0,47	407,69	111978,10	0,10	60,50	80,30	10,80	55,36	101,69	0,04
MKD	0,01	11,18	6796,70	0,18	100,00	19,50	62,10	83,02	97,83	24,19
NOR	0,59	69,97	36177,40	0,10	100,00	61,40	100,00	99,00	110,68	45,77
PAK	0,37	546,10	184111,20	0,16	95,00	41,60	31,30	21,04	81,75	1,33
PAN	0,08	18,48	9582,70	0,08	95,00	28,00	100,00	67,51	156,31	15,48
PRY	0,04	45,57	7575,70	0,08	100,00	58,80	41,40	77,02	127,70	10,88
PER	0,25	105,14	46578,90	0,11	96,20	30,60	50,50	71,11	122,03	9,29
PHL	0,40	265,30	133471,30	0,14	94,80	28,00	39,60	52,68	144,04	7,57
POL	0,69	400,82	279223,80	0,20	100,00	15,20	100,00	85,37	131,94	22,97
PRT	0,26	59,71	38973,50	0,11	100,00	32,30	100,00	82,31	124,55	43,55
QAT	0,24	194,65	87578,30	0,38	100,00	0,00	100,00	100,00	174,13	13,57
ROU	0,30	117,06	68664,00	0,10	100,00	23,60	100,00	83,59	118,11	32,37
RUS	2,27	2579,80	1618271,00	0,35	100,00	3,50	98,90	88,21	169,00	24,00
RWA	0,01	9,03	1382,00	0,05	50,60	79,40	0,90	30,46	79,86	0,35
STP	0,00	0,26	141,10	0,13	78,00	40,80	1,00	51,20	86,78	2,02
SAU	1,11	810,51	513555,80	0,36	100,00	0,10	100,00	100,00	132,38	36,96
SEN	0,03	30,61	10680,20	0,17	67,90	35,40	7,40	58,05	120,43	1,43
SYC	0,00	1,20	598,70	0,20	100,00	1,70	100,00	81,59	191,51	34,96
SGP	0,50	70,47	43705,00	0,08	100,00	1,10	100,00	96,92	156,48	37,36
SVK	0,12	45,56	29035,80	0,15	100,00	17,90	100,00	88,93	131,93	32,97
SVN	0,06	18,28	12477,30	0,14	100,00	23,40	100,00	89,00	126,18	32,22
ZAF	0,41	534,53	393241,60	0,51	86,50	9,70	71,40	72,31	167,40	3,25
KOR	1,67	725,74	569681,80	0,24	100,00	3,60	100,00	97,57	148,59	45,43
ESP	1,42	328,59	202705,80	0,11	100,00	19,00	100,00	93,90	124,10	35,60
LKA	0,07	38,80	21846,30	0,08	100,00	48,80	26,50	44,45	143,08	10,08
SUR	0,00	4,50	2601,32	0,25	99,00	14,50	92,70	65,94	150,29	20,19
SWE	0,59	60,64	33576,10	0,06	100,00	57,90	100,00	94,67	125,07	40,40
CHE	0,82	45,56	34916,10	0,06	100,00	27,70	100,00	95,57	119,56	49,55
TZA	0,08	89,38	14435,50	0,07	45,80	78,30	2,40	31,63	91,90	2,06
THA	0,50	463,87	265478,90	0,19	99,90	19,00	80,10	85,27	176,32	18,45

Продовж. Додатку Д

	<i>f1</i>	<i>f2</i>	<i>f3</i>	<i>f4</i>	<i>f5</i>	<i>f6</i>	<i>f7</i>	<i>f8</i>	<i>f9</i>	<i>f10</i>
TLS	0,00	2,48	446,10	0,05	99,70	12,10	6,70	39,45	110,42	0,01
TGO	0,01	11,09	2415,10	0,12	57,20	75,10	0,90	34,98	74,18	1,10
TTO	0,03	45,91	15420,00	0,42	100,00	0,50	100,00	79,00	130,57	24,39
TUN	0,04	49,82	29293,00	0,21	100,00	11,60	99,70	78,99	129,26	13,67
TUR	0,91	687,53	407406,20	0,17	100,00	12,00	83,70	81,41	105,81	22,26
UGA	0,05	56,49	5674,60	0,05	47,10	91,00	0,30	10,34	69,99	0,09
UKR	0,16	208,61	165663,60	0,25	100,00	8,90	88,00	79,22	135,00	19,00
ARE	0,51	295,11	188088,70	0,31	100,00	1,00	100,00	100,00	212,22	39,86
GBR	3,09	426,56	308650,30	0,10	100,00	12,20	100,00	96,68	120,82	41,48
USA	25,74	6017,44	4320532,50	0,20	100,00	10,90	100,00	91,75	110,17	37,58
URY	0,07	41,91	6514,30	0,07	100,00	57,80	100,00	90,07	138,53	33,17
UZB	0,08	227,21	115577,80	0,45	100,00	1,00	70,10	76,59	103,07	26,03
VUT	0,00	0,59	121,30	0,13	70,00	24,60	1,30	66,34	78,20	1,08
VNM	0,41	489,16	355323,10	0,31	100,00	24,20	97,90	74,21	139,95	21,65
ZMB	0,03	30,33	7607,10	0,13	47,80	83,00	2,20	21,23	99,10	0,43
ZWE	0,03	30,19	8312,50	0,19	50,10	82,40	7,20	34,81	87,62	1,27

Кореляційна матриця (критерій Пірсона)

	<i>f1</i>	<i>f2</i>	<i>f3</i>	<i>f4</i>	<i>f5</i>	<i>f6</i>	<i>f7</i>	<i>f8</i>	<i>f9</i>
<i>f1</i>	1,000								
<i>f2</i>	0,819	1,000							
<i>f3</i>	0,137	0,263	1,000						
<i>f4</i>	0,129	0,111	0,276	1,000					
<i>f5</i>	-0,145	-0,132	-0,541	-0,668	1,000				
<i>f6</i>	0,153	0,100	0,250	0,777	-0,652	1,000			
<i>f7</i>	0,134	0,066	0,286	0,790	-0,649	0,857	1,000		
<i>f8</i>	0,023	0,042	0,275	0,514	-0,451	0,513	0,537	1,000	
<i>f9</i>	0,260	0,181	0,027	0,604	-0,452	0,779	0,749	0,381	1,000

Додаток Ж

Системні напрями реалізації кліматичних-цифрових ініціатив на глобальному рівні

Напрямок	Ключові риси	Технології	Результат для економіки	Результат для суспільства
1	2	3	4	5
Сільське господарство та харчові системи	Використання інноваційних цифрових платформ і інструментів для підтримки фермерів	ІІТ, ІКТ, супутникові дані, цифрові платформи, мобільні додатки	Зменшення вуглецевої інтенсивності доходу, який генерує сільськогосподарська галузь в структурі ВВП	Забезпечення продовольчої безпеки
	Орієнтація на сталий розвиток та продуктивність		Оптимізація витрат на виробництво	Покращення умов життя і праці
	Інклюзивність та адаптація до кліматичних змін		Розширення ринку екологічних товарів і послуг у сільськогосподарській галузі	Стійкість до кліматичних змін і підвищення екологічної свідомості
Управління будівлями та інфраструктура розумних міст	Оптимізація транспортних систем	ІІТ, великі дані, моделювання, платформи відстеження	Оптимізація витрат міського планування та енергоспоживання	Покращення якості життя в містах
	Моніторинг викидів і оцінка екологічних переваг		Створення нових робочих місць у галузі "розумних" технологій	Зменшення забруднення повітря
	Використання КРІ для аналізу прогресу у будівництві		Залучення інвестицій у розвиток інфраструктури	Доступність екологічно чистих транспортних засобів і рішень
Дані та цифрові інструменти для клімату	Моніторинг та обробка даних в реальному часі	Блокчейн, датчики, супутники, машинне навчання, цифрові двійники	Стимулювання нових ринків (торгівля викидами), глобальні платформи для моніторингу та взаємодії	Підвищення обізнаності громадськості про вплив клімату
	Візуалізація змін для підтримки прийняття рішень		Зниження економічних втрат через ефективніше управління природними ресурсами	Доступність освітніх ресурсів для різних соціальних груп
	Освітні платформи		Зростання обсягу інноваційного бізнесу у сфері цифрових-кліматичних технологій	Забезпечення участі суспільства у кліматичних ініціативах

1	2	3	4	5
Управління енергетикою	Перехід на відновлювану енергію	Блокчейн, ІІІ, системи енергоменеджменту, платформи моніторингу	Зниження витрат на традиційні енергоресурси	Підвищення енергетичної незалежності громад
	Оптимізація використання енергії		Збільшення інвестицій у відновлювану енергетику	Зменшення впливу енергетики на довкілля
	Моніторинг станцій та прогнозування відновлюваних ресурсів		Створення "зелених" робочих місць в енергетиці	Доступ до екологічно чистої енергії для віддалених регіонів
Моніторинг і збереження навколишнього середовища	Адаптація до кліматичних змін	Супутникові дані, онлайн-платформи, ІоТ, інноваційні інструменти	Зменшення витрат на ліквідацію наслідків екологічних катастроф	Збереження екосистем і біорізноманіття
	Захист лісів та океанів		Розширення ринку інноваційних технологій для збереження екосистем	Посилення адаптації громад до кліматичних змін
	Використання супутникових даних для раннього виявлення загроз		Підтримка сталого управління природними ресурсами	Підвищення рівня безпеки завдяки ранньому попередженню про загрози
Управління ресурсами та циркулярні практики	Розробка прозорих і простежуваних систем	Блокчейн, ІІІ, вуглецеві кредити, інструменти моніторингу	Скорочення витрат через зменшення викидів внаслідок вторинної переробки	Зменшення вуглецевого сліду громад і бізнесу
	Орієнтація на біорізноманіття та зменшення вуглецевого сліду		Розвиток ринку вторинних ресурсів	Залучення суспільства до практик рециклінгу
	Акселерація проектів для досягнення кліматичних цілей		Підвищення конкурентоспроможності бізнесів завдяки екологічній сертифікації	Підвищення прозорості використання ресурсів, що формує довіру між громадою та бізнесом

Додаток К

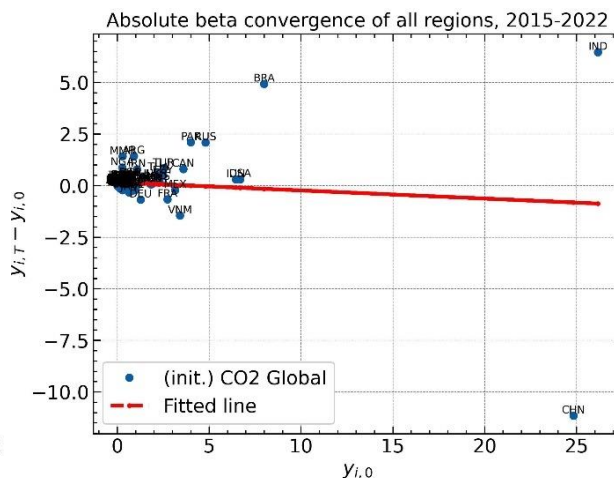
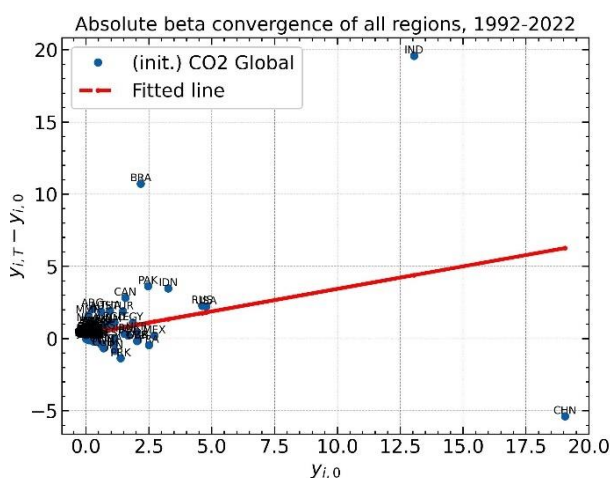
Моделювання конвергенції (за світовими галузями)

1. Сільське господарство

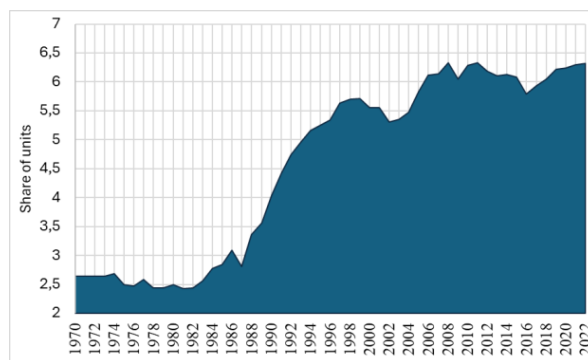
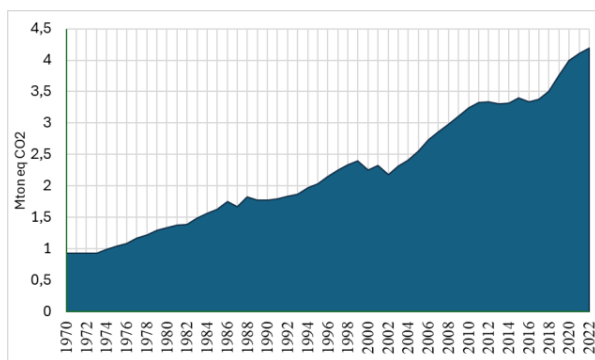
Коефіцієнти моделей бета- та сігма- конвергенції

Часові перерізи	CO2 global	CO2 global
	<i>beta model</i>	<i>sigma model</i>
1972-2022	1,149	1,053
1992-2022	0,312	0,815
2005-2022	0,165	0,666
2015-2022	-0,039	0,709

Модель бета-конвергенції для країн світу

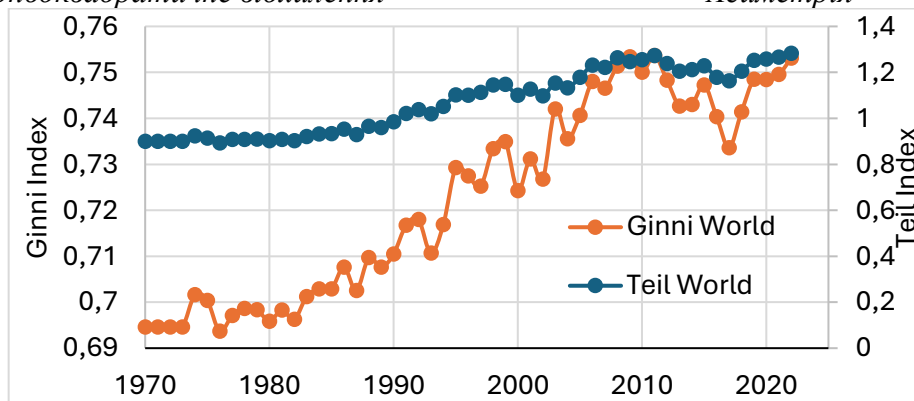


Окремі параметри оцінки сигма-конвергенції



Середньоквадратичне відхилення

Асиметрія



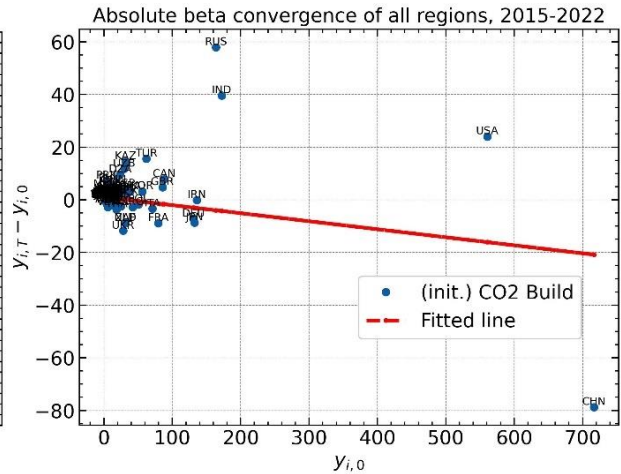
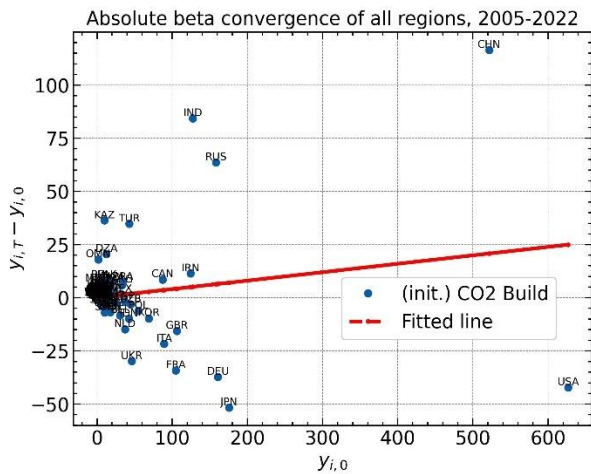
Індекси Тейла, Джинні

2. Будівництво

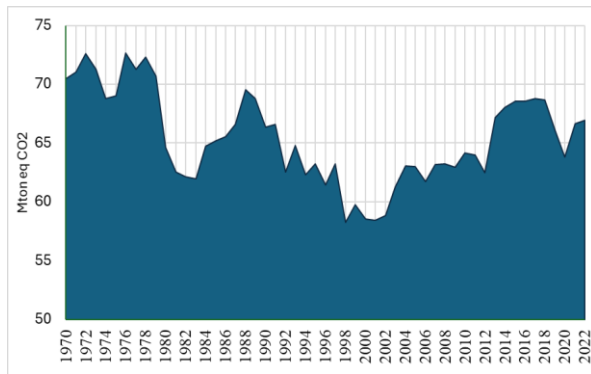
Коефіцієнти моделей бета- та сігма- конвергенції

Часові перерізи	CO2 global	CO2 global
	<i>beta model</i>	<i>sigma model</i>
1972-2022	-0,227973247	0,846
1992-2022	-0,039642463	0,806568259
2005-2022	0,040	0,745760502
2015-2022	-0,030485268	0,506476397

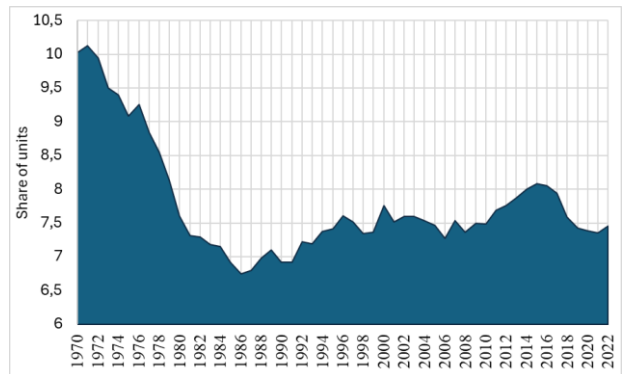
Модель бета-конвергенції для країн світу



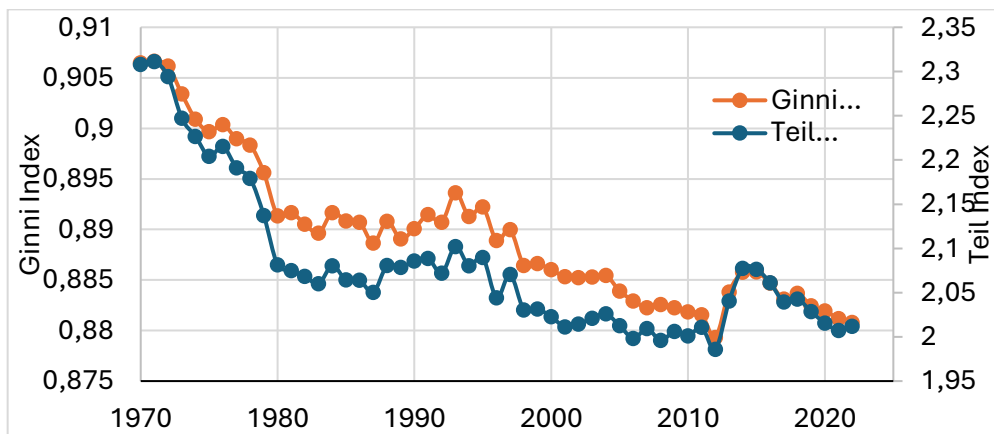
Окремі параметри оцінки сигма-конвергенції



Середньоквадратичне відхилення



Асиметрія



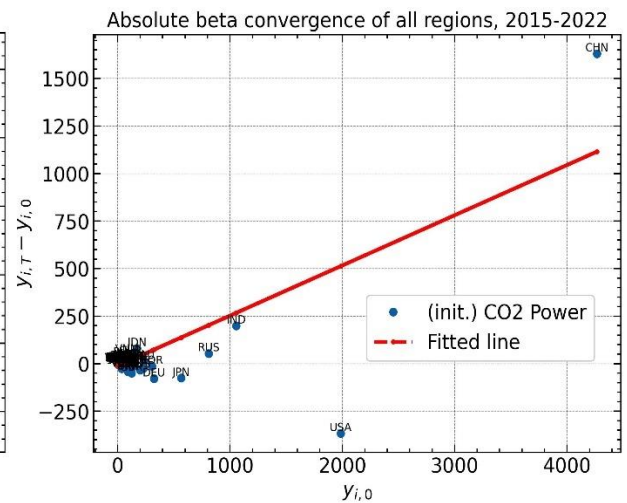
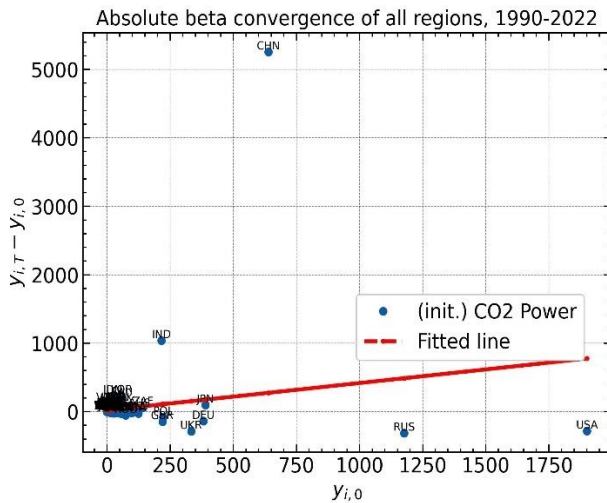
Індекси Тейла, Джинні

3. Енергетика

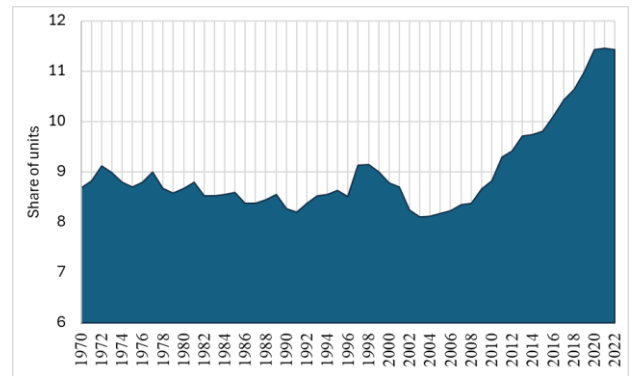
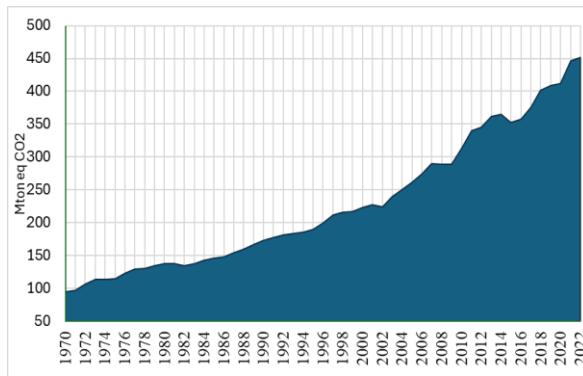
Коефіцієнти моделей бета- та сігма- конвергенції

Часові періоди	CO2 global	CO2 global
	<i>beta model</i>	<i>sigma model</i>
1972-2022	0,776483777	1,061
1992-2022	0,397621653	1,057926812
2005-2022	0,470	1,031755263
2015-2022	0,264056525	0,983263831

Модель бета-конвергенції для країн світу

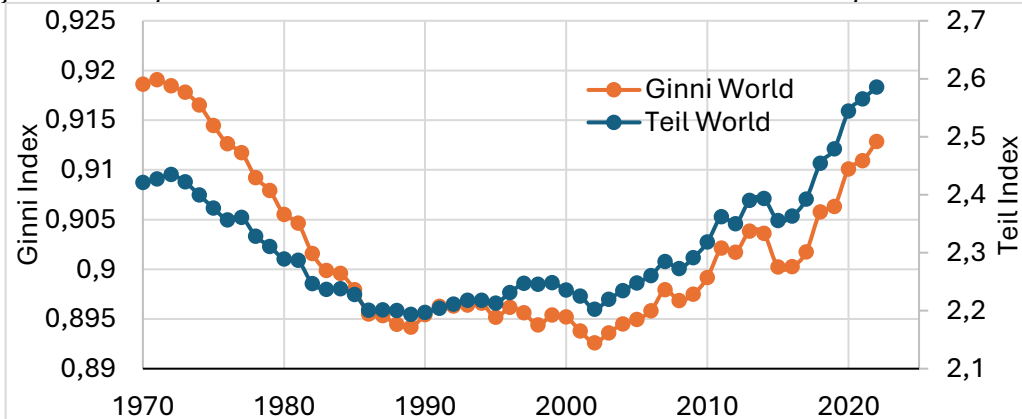


Окремі параметри оцінки сігма-конвергенції



Середньоквадратичне відхилення

Асиметрія



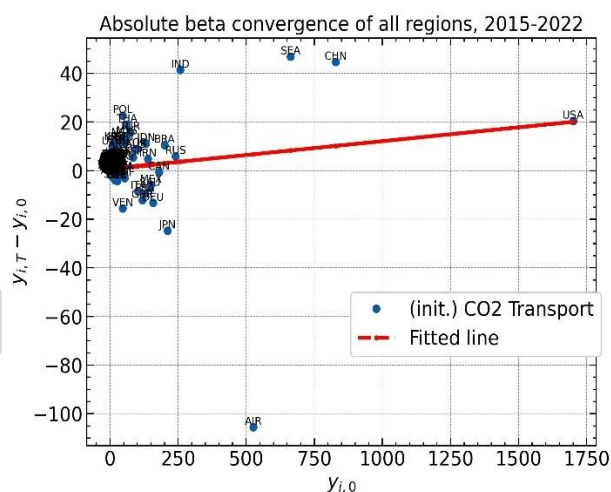
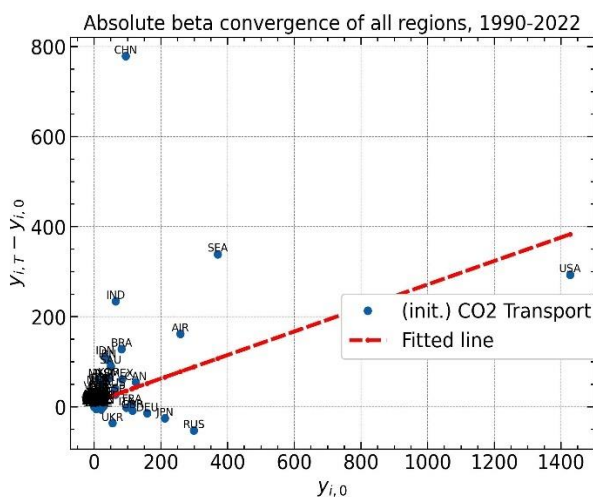
Індекси Тейла, Джинні

4. Транспорт

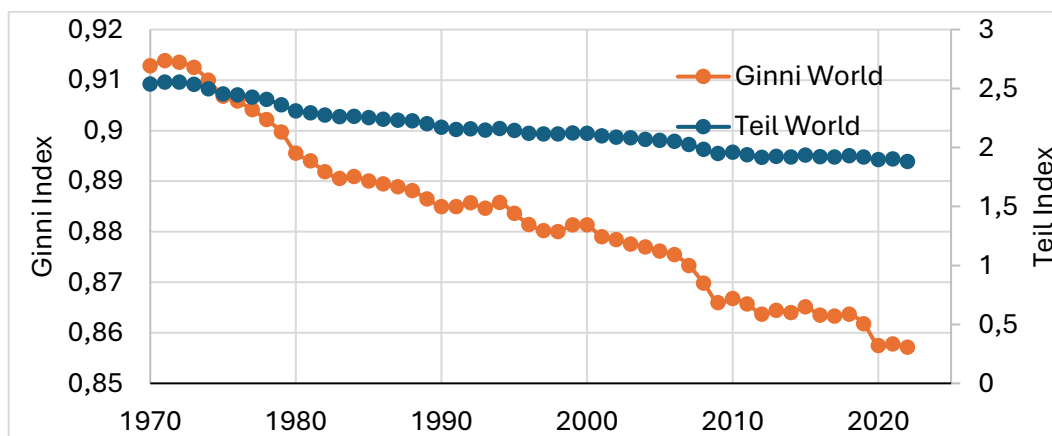
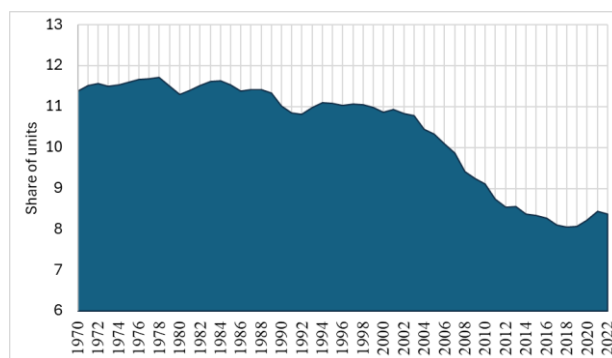
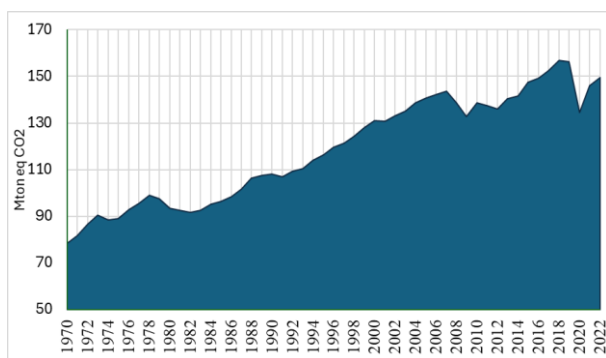
Коефіцієнти моделей бета- та сігма- конвергенції

Часові перерізи	CO2 global	CO2 global
	<i>beta model</i>	<i>sigma model</i>
1972-2022	0,731290257	0,971
1992-2022	0,261195049	0,890313089
2005-2022	0,026	0,546174099
2015-2022	0,011386859	0,077583233

Модель бета-конвергенції для країн світу



Окремі параметри оцінки сігма-конвергенції

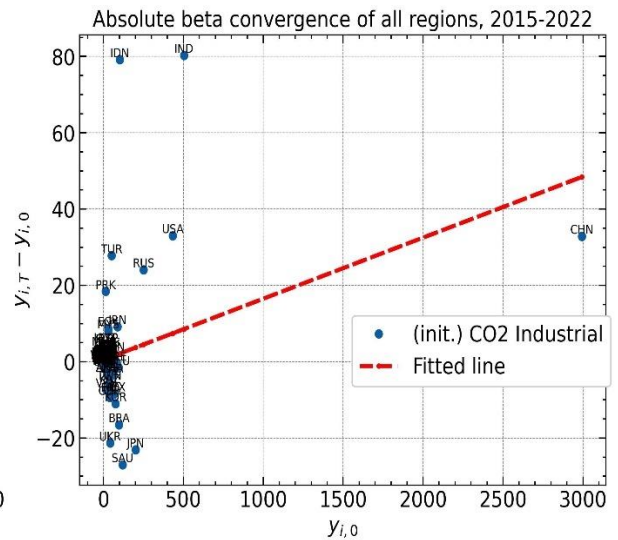
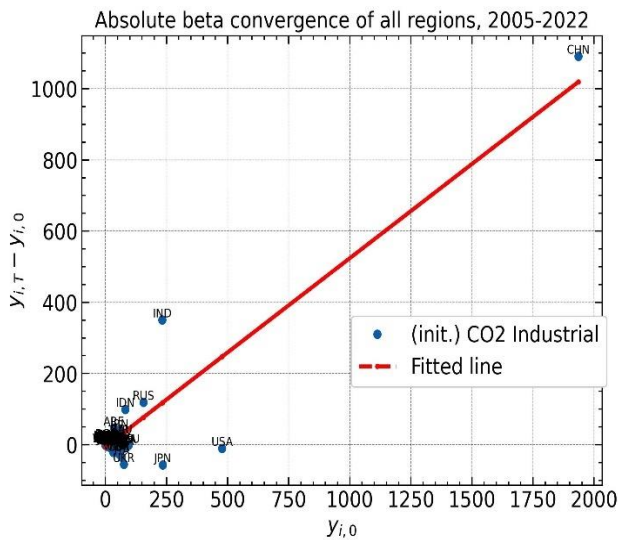


5. Індустрії (споживання енергії)

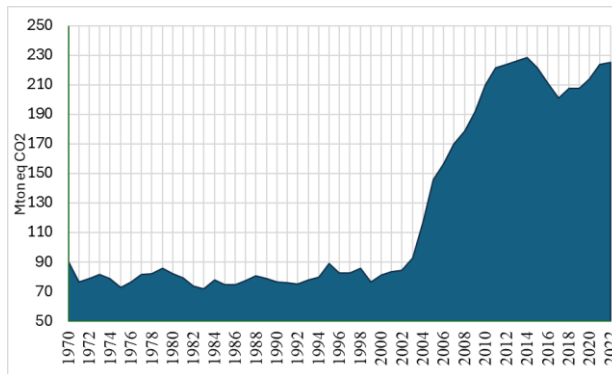
Коефіцієнти моделей бета- та сігма- конвергенції

Часові перерізи	CO2 global	CO2 global
	<i>beta model</i>	<i>sigma model</i>
1972-2022	0,11545319	1,021
1992-2022	1,389616167	0,99716907
2005-2022	0,529	0,813860582
2015-2022	0,016011273	0,611725276

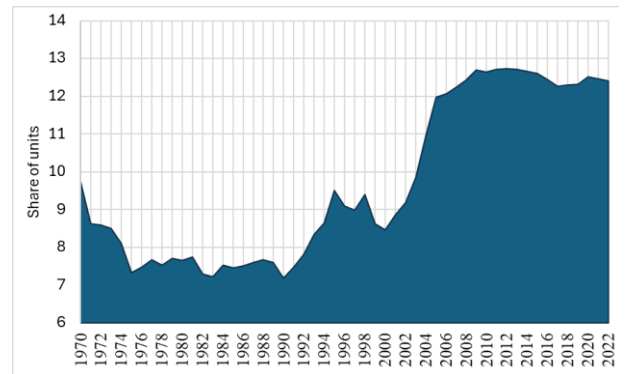
Модель бета-конвергенції для країн світу



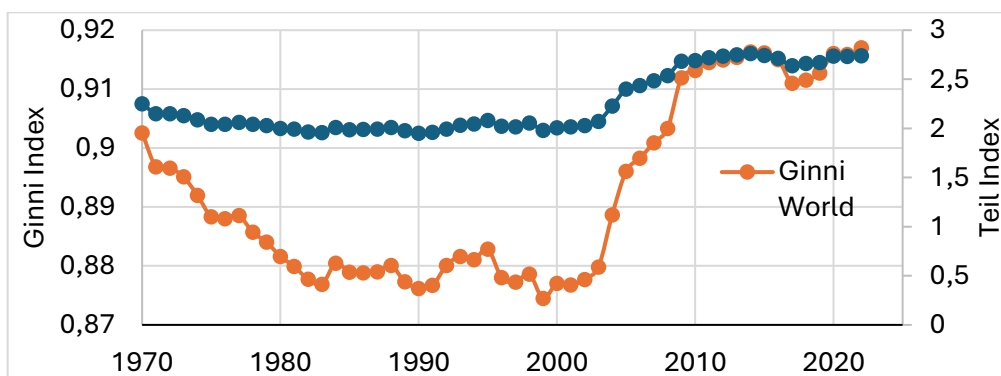
Окремі параметри оцінки сігма-конвергенції



Середньоквадратичне відхилення



Асиметрія



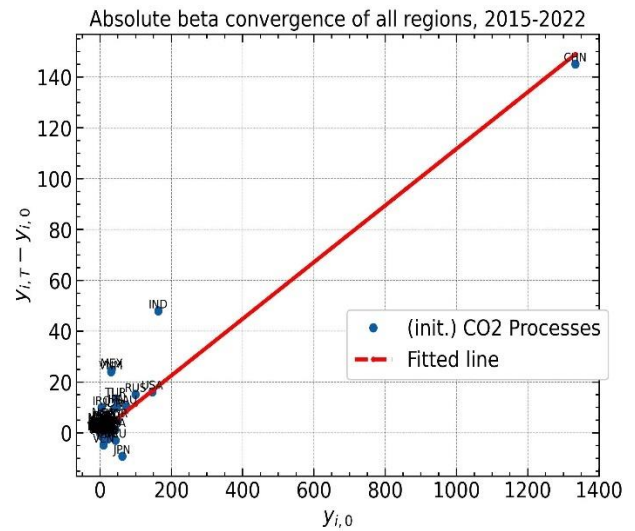
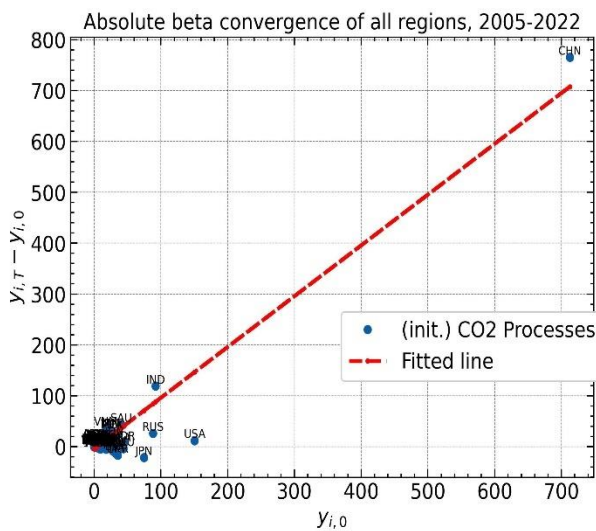
Індекси Тейла, Джинні

6. Індустрії (споживання енергії)

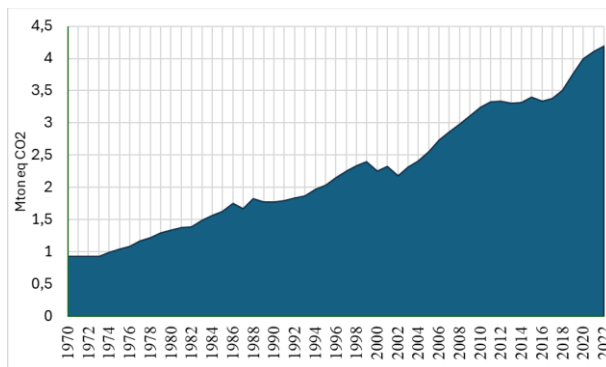
Коефіцієнти моделей бета- та сіigma- конвергенції

Часові перерізи	CO2 global	CO2 global
	<i>beta model</i>	<i>sigma model</i>
1972-2022	2,318539525	1,029304314
1992-2022	2,867501718	1,010140804
2005-2022	0,998658574	0,905381546
2015-2022	0,111518105	0,651161397

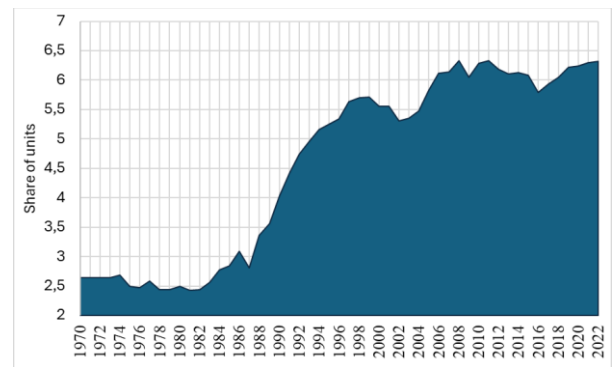
Модель бета-конвергенції для країн світу



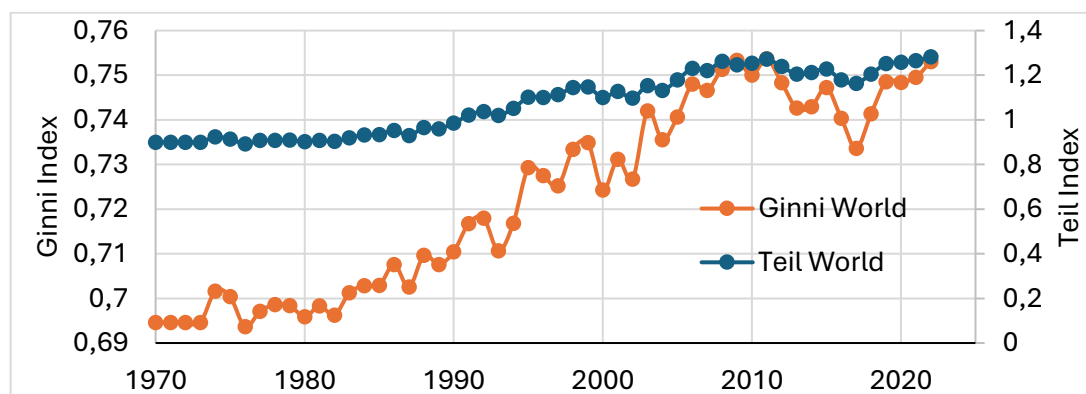
Окремі параметри оцінки сіigma-конвергенції



Середньоквадратичне відхилення



Асиметрія



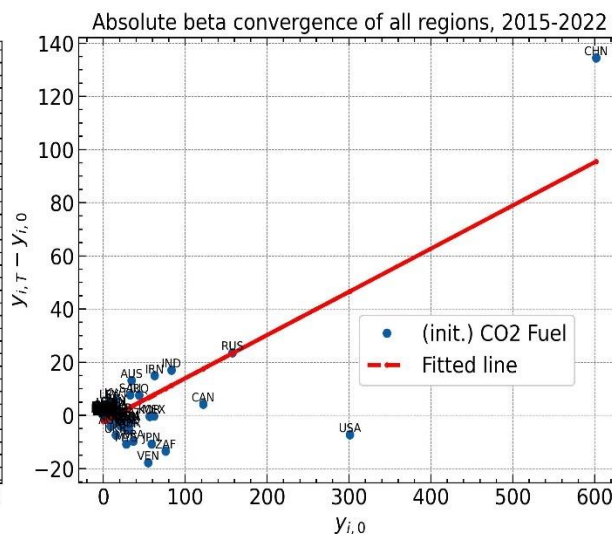
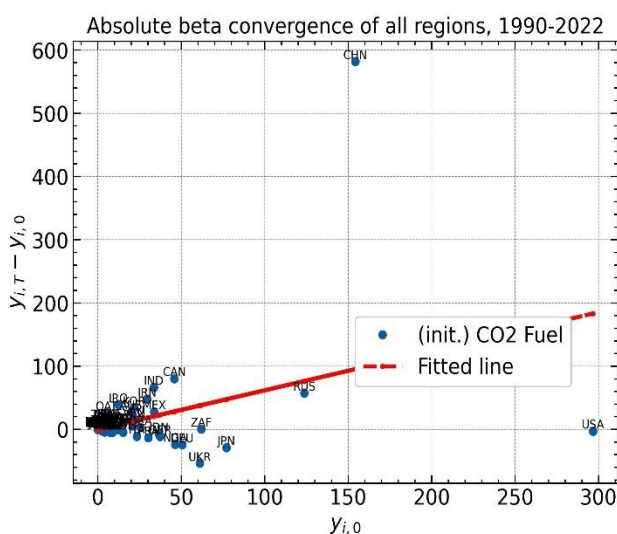
Індекси Тейла, Джинні

7. Паливна галузь

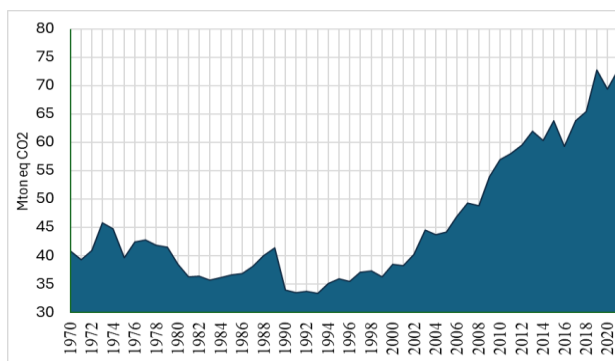
Коефіцієнти моделей бета- та сігма- конвергенції

Часові періоди	CO2 global	CO2 global
	<i>beta model</i>	<i>sigma model</i>
1972-2022	-0,124149735	1,051018195
1992-2022	0,617680021	1,034233268
2005-2022	0,49812664	0,945045621
2015-2022	0,162508342	0,78414077

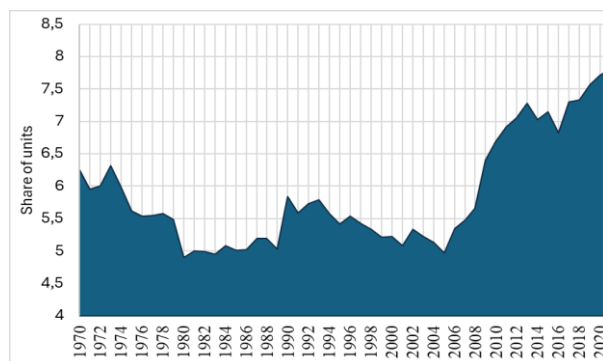
Модель бета-конвергенції для країн світу



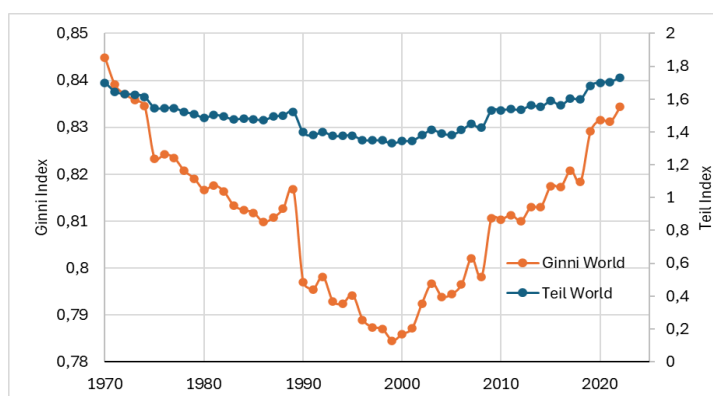
Окремі параметри оцінки сігма-конвергенції



Середньоквадратичне відхилення



Асиметрія



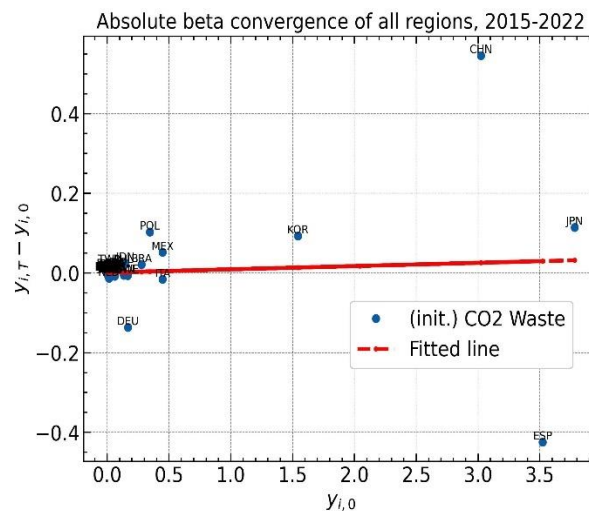
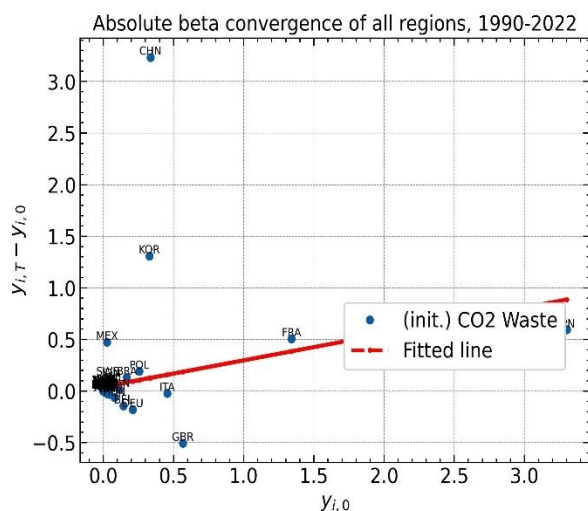
Індекси Тейла, Джинні

8. Переробка сміття

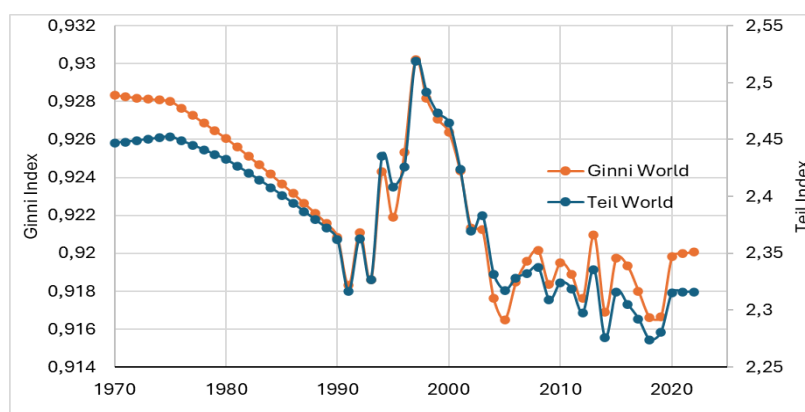
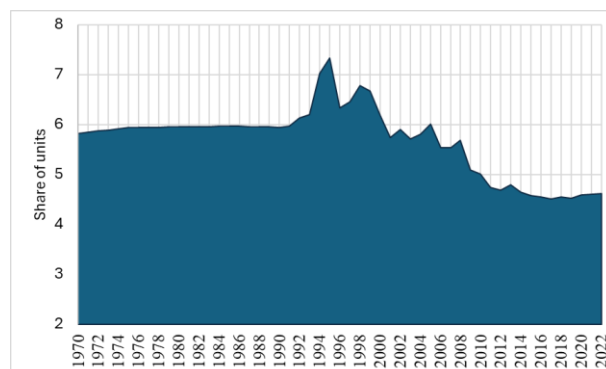
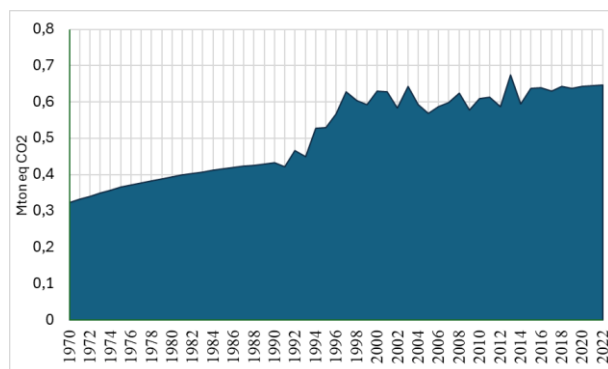
Коефіцієнти моделей бета- та сігма- конвергенції

Часові періоди	CO2 global	CO2 global
	<i>beta model</i>	<i>sigma model</i>
1972-2022	0,631369422	0,946081262
1992-2022	0,256174808	0,726111502
2005-2022	-0,003801477	0,147841251
2015-2022	0,008159018	0,134036537

Модель бета-конвергенції для країн світу



Окремі параметри оцінки сигма-конвергенції

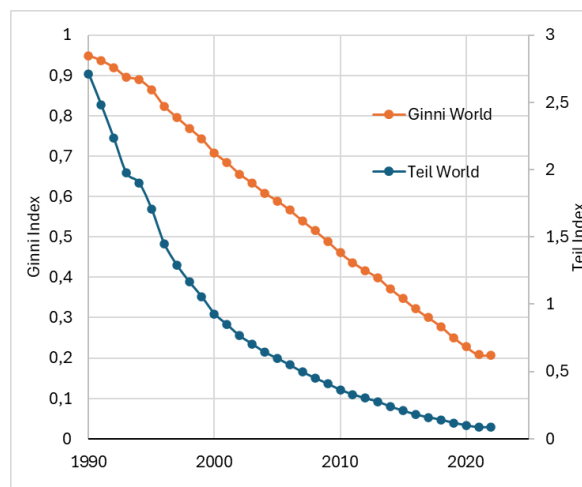
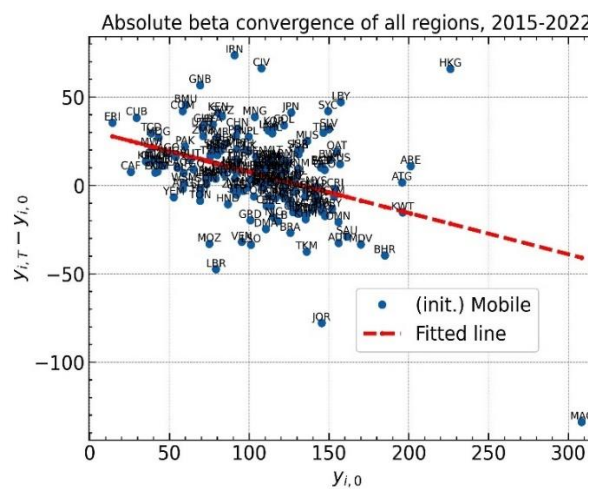
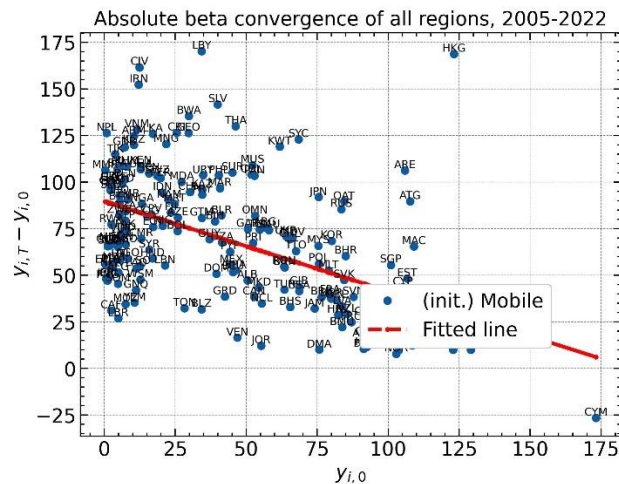
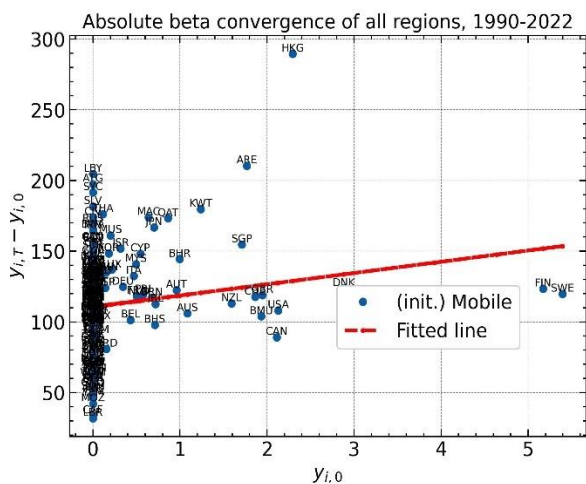


9. Цифрове покриття Інтернет

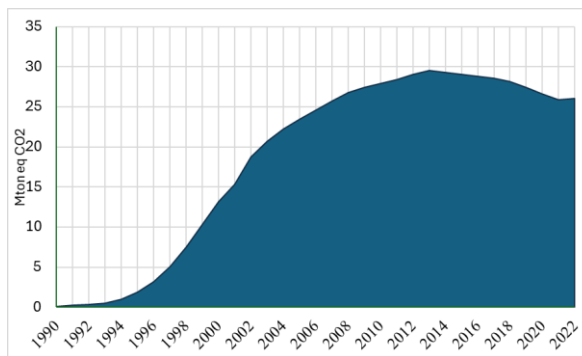
Коефіцієнти моделей бета- та сігма- конвергенції

Часові перерізи	CO2 global	CO2 global
	<i>beta model</i>	<i>sigma model</i>
1992-2022	7,957741117	0,95517087
2005-2022	-0,482931752	0,583911793
2015-2022	-0,233416464	0,35529073

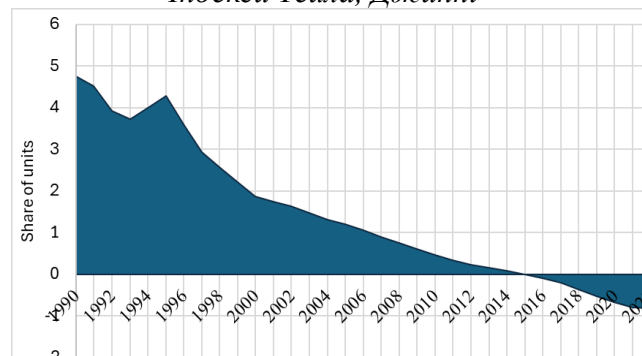
Модель бета-конвергенції для країн світу та окремі параметри сигма-моделі



Індекси Тейла, Джинні



Середньоквадратичне відхилення



Асиметрія

Додаток Л

Позиціонування країн світу відносно конвергентного руху до кліматичної нейтральності світової економіки

<p align="center">Нові забруднювачі:</p> <p>Афганістан, Алжир, Ангола, Бахрейн, Бангладеш, Барбадос, Беліз, Бенін, Бутан, Болівія, Ботсвана, Бруней, Камбоджа, Центральноафриканська Республіка, Чад, Чилі, Конго, Коста-Рика, Кот-д'Івуар, Кіпр, Демократична Республіка Конго, Домініканська Республіка, Еквадор, Єгипет, Сальвадор, Еритрея, Ефіопія, Гана, Гренландія, Гвінея, Гондурас, Ісландія, Індонезія, Іран, Ірак, Ізраїль, Йорданія, Канада, Кенія, Кувейт, Лаос, Ліван, Лесото, Ліберія, Малайзія, Мальта, Мексика, Монголія, Марокко, Мозамбік, Намібія, Непал, Нікарагуа, Нігер, Оман, Пакистан, Парагвай, Перу, Філіппіни, Катар, Саудівська Аравія, Сенегал, Сінгапур, Південна Корея, Судан, Тайвань, Танзанія, Таїланд, Гамбія, Того, Туніс, Туреччина, Уганда, Об'єднані Арабські Емірати, В'єтнам, Ємен, Замбія</p>	<p align="center">Кліматичні агресори:</p> <p>Китай, Індія, Бразилія</p>
<p align="center">Кліматичні маргінали:</p> <p>Албанія, Аргентина, Вірменія, Австралія, Австрія, Азербайджан, Білорусь, Бельгія, Боснія і Герцеговина, Болгарія, Камерун, Колумбія, Хорватія, Куба, Чехія, Данія, Естонія, Фінляндія, Габон, Грузія, Греція, Гонконг, Угорщина, Ірландія, Італія, Казахстан, Киргизстан, Латвія, Лівія, Литва, Люксембург, Мадагаскар, Молдова, Нідерланди, Нова Зеландія, Нігерія, Північна Корея, Північна Македонія, Норвегія, Португалія, Пуерто-Рико, Румунія, Сербія і Чорногорія, Словаччина, Словенія, Сомалі, Південна Африка, Іспанія, Швеція, Швейцарія, Сирія, Таджикистан, Туркменістан, Уругвай, Узбекистан, Венесуела, Зімбабве.</p>	<p align="center">Актори зниження викидів:</p> <p>Німеччина, Японія, Україна, Велика Британія, США, Польща, Франція, росія</p>

Джерело: сформовано автором

Позиціонування країн світу відносно конвергентного руху за показником цифрового розвитку (частка інтернет-користувачів)

<p align="center">Цифрові спринтери:</p> <p>Албанія, Алжир, Аргентина, Вірменія, Азербайджан, Бахрейн, Білорусь, Бруней, Чилі, Болівія, Болгарія, Боснія і Герцеговина, Камбоджа, Китай, Колумбія, Куба, Домініканська Республіка, Еквадор, Єгипет, Сальвадор, Грузія, Гана, Гайана, Індонезія, Іран, Ірак, Ямайка, Йорданія, Казахстан, Ліван, Малайзія, Мальта, Північна Македонія, Мексика, Монголія, Марокко, Нікарагуа, Оман, Панама, Парагвай, Перу, росія, Румунія, Сейшели, Саудівська Аравія, Сенегал, Таїланд, Туніс, Туреччина, Чехія, Україна, Узбекистан, Уругвай, В'єтнам</p>	<p align="center">Цифрові гіганти:</p> <p>Бразилія, Хорватія, Кіпр, Франція, Греція, Гонконг, Ірландія, Ізраїль, Італія, Кувейт, Латвія, Литва, Польща, Португалія, Катар, Іспанія, Об'єднані Арабські Емірати</p>
<p align="center">Цифрові периферійники:</p> <p>Афганістан, Ангола, Бангладеш, Барбадос, Беліз, Бенін, Камерун, Центрально-африканська Республіка, Чад, Конго, Еритрея, Ефіопія, Гватемала, Гвінея, Гондурас, Індія, Кенія, Ліберія, Молдова, Намібія, Непал, Нігерія, Пакистан, Філіппіни, Сомалі, Сирія, Танзанія, Того, Уганда, Венесуела, Ємен, Замбія, Зімбабве</p>	<p align="center">Цифрові адаптери:</p> <p>Австралія, Австрія, Бельгія, Канада, Данія, Естонія, Фінляндія, Німеччина, Гренландія, Ісландія, Японія, Люксембург, Нідерланди, Нова Зеландія, Норвегія, Сінгапур, Словаччина, Угорщина, Південна Корея, Швеція, Швейцарія, Велика Британія, США</p>

Джерело: сформовано автором

Додаток М

Таблиця М.1

Складові індексу ІКТ для України

Показник	Оцінка, 100 – найкращий результат; 0 - найгірший			Абсолютний розрив, %	
	Україна	ЄС	Середнє для країн групи (країни з доходом нижче за середній)	Україна – ЄС	Україна - по групі країн за рівнем доходу
Оцінка за індексом ІКТ	80,80	88,40	61,90	8,60	30,53
Критерій 1. Універсальність підключення	74,60	84,70	55,80	11,92	33,69
Критерій 2. Повнота зв'язку	87,00	92,20	67,90	5,64	28,13
Користувачі інтернету	83,40	91,50	59,70	8,85	39,70
Домогосподарства з доступом до інтернету	87,00	93,50	62,20	6,95	39,87
Проникнення мобільного широкосмугового зв'язку	53,40	69,00	45,50	22,61	17,36
Покриття мобільного широкосмугового зв'язку	91,60	98,80	79,30	7,29	15,51
Доступність мобільного широкосмугового зв'язку	96,50	98,40	66,30	1,93	45,55
Доступність фіксованого широкосмугового зв'язку	97,60	98,60	62,80	1,01	55,41
Власники мобільних телефонів	95,50	97,40	76,30	1,95	25,16

Таблиця М.2

Динаміка показників по Україні для моделювання

Показники	ВВП, трлн дол	Викиди вуглецю, Мт	Вуглецева інтенсивність ВВП (за паритетом купівельної спроможності), кг CO ₂ / 1 тис. дол. ВВП	Доступ до електроенергії, % нас.	Відновлювальна енергія, % заг. споживання енергії	Доступ до екологічно чистих видів палива та технологій для приготування їжі (сільська місцевість), % нас.	Користувачі інтернету, % нас.	Абоненти мобільного стільникового зв'язку, на 100 осіб	Фіксовані підписки широкосмугового доступу, на 100 осіб
	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9
1990	0,08	952,14	1,74	-	0,70	-	0,00	0,00	-
1991	0,08	896,10	1,75	-	0,70	-	0,00	0,00	-
1992	0,07	798,94	1,67	-	0,60	-	0,00	0,00	-
1993	0,07	708,05	1,65	-	0,90	-	0,00	0,00	-
1994	0,05	597,44	1,75	-	1,10	-	0,01	0,01	-
1995	0,05	581,75	1,87	-	1,00	-	0,04	0,03	-
1996	0,04	502,83	1,77	-	0,90	-	0,10	0,06	-
1997	0,05	482,10	1,70	-	1,00	-	0,20	0,11	-
1998	0,04	457,21	1,62	-	1,60	-	0,30	0,23	-
1999	0,03	454,16	1,58	-	1,40	-	0,41	0,44	-
2000	0,03	448,05	1,42	99,10	1,20	84,40	0,72	1,68	0,28
2001	0,04	447,26	1,29	99,20	1,20	84,60	1,24	4,60	1,12
2002	0,04	450,50	1,22	99,30	1,00	84,90	1,87	7,70	1,72
2003	0,05	483,12	1,19	99,30	1,00	85,30	3,15	13,66	3,46
2004	0,07	456,43	0,96	99,40	1,20	86,20	3,49	29,09	4,15
2005	0,09	444,00	0,87	99,90	1,30	86,10	3,75	64,01	6,45
2006	0,11	443,51	0,81	99,50	1,80	86,50	4,51	105,28	6,96
2007	0,15	455,22	0,75	99,80	2,40	87,00	6,55	119,09	8,04
2008	0,19	440,85	0,69	99,80	2,70	87,00	11,00	120,56	8,86
2009	0,12	375,75	0,68	99,90	3,00	87,20	17,90	119,46	9,31
2010	0,14	396,02	0,68	100,0	2,90	87,30	23,30	117,77	11,64
2011	0,17	423,57	0,67	100,0	2,70	87,50	28,71	121,94	12,03
2012	0,18	414,92	0,63	99,90	2,90	87,90	35,27	130,86	12,35
2013	0,19	405,94	0,54	100,0	3,50	87,90	40,95	138,44	12,80
2014	0,13	357,00	0,52	100,0	3,50	88,10	46,24	144,28	16,16
2015	0,09	301,12	0,44	100,0	4,20	88,00	48,88	142,00	18,62
2016	0,09	307,43	0,43	100,0	5,50	88,10	53,00	133,17	18,27
2017	0,11	280,73	0,35	100,0	6,50	88,20	58,89	131,36	18,90
2018	0,13	294,75	0,35	100,0	6,90	87,90	62,55	127,75	20,00
2019	0,15	284,73	0,29	100,0	7,40	88,10	70,12	130,63	21,07

Продовж. Табл. М.1

	<i>x1</i>	<i>x2</i>	<i>x3</i>	<i>x4</i>	<i>x5</i>	<i>x6</i>	<i>x7</i>	<i>x8</i>	<i>x9</i>
2020	0,16	274,46	0,25	100,0	8,70	88,40	75,04	129,34	22,14
2021	0,20	260,08	0,20	100,0	8,90	88,10	79,22	135,03	23,19
2022*	0,16	208,61	0,19	100,0	9,09	88,00	80,81	145,99	24,25
2023*	0,18	216,00	0,18	100,0	9,91	88,20	81,43	148,42	25,30
<i>Розмах</i>	0,17	743,53	1,69	0,90	9,31	4,00	81,43	148,42	25,02
<i>Кореляція</i>	0,76	-0,88	-0,98	0,83	0,89	0,90	0,92	0,92	1,00
<i>Стандартне відхилення</i>	0,05	174,71	0,58	0,31	2,44	1,25	26,66	62,65	7,86
<i>Коеф.варіації, %</i>	51,67	38,82	60,18	0,31	86,62	1,43	125,95	92,45	61,41

Примітка*

Дані за виділеними показниками екстрапольовано з метою моделювання за методом експоненційного згладжування

Кореляційна матриця (за критерієм Пірсона)

	<i>x1</i>	<i>x2</i>	<i>x3</i>	<i>x4</i>	<i>x5</i>	<i>x6</i>	<i>x7</i>	<i>x8</i>	<i>x9</i>
<i>x1</i>	1								
<i>x2</i>	-0,45	1							
<i>x3</i>	-0,76	0,87	1						
<i>x4</i>	0,77	-0,67	-0,90	1					
<i>x5</i>	0,58	-0,96	-0,88	0,65	1				
<i>x6</i>	0,78	-0,75	-0,96	0,94	0,75	1			
<i>x7</i>	0,59	-0,96	-0,91	0,73	0,96	0,83	1		
<i>x8</i>	0,83	-0,67	-0,91	0,93	0,67	0,96	0,73	1	
<i>x9</i>	0,66	-0,94	-0,97	0,83	0,94	0,90	0,98	0,84	1

Параметри побудови багатofакторної моделі для України

<i>Регресійна статистика</i>	
Множинний R	0,9865682
R-квадрат	0,9733168
Нормований R-квадрат	0,9693144
Стандартная похибка	9,040649
Спостереження	24

Дисперсійний аналіз

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимість F</i>
Регресія	3	165036,6	55012,2	243,178	6,69E-16
Залишок	20	4524,423	226,2211		
Сума	23	169561			

	<i>Коефіцієнти</i>	<i>Стандартна похибка</i>	<i>t-статистика a</i>	<i>P-Значення</i>	<i>Нижні 95%</i>	<i>Верхні 95%</i>
Викиди вуглецю, Мт	465,21118	8,178492	56,88227	1,35E-23	448,1511	482,2712
ВВП, трлн дол	0,6698426	0,109382	6,123873	5,52E-06	0,441675	0,89801
Відновлювальна енергія, % заг. споживання енергії	-27,4258	1,441941	-19,0201	2,81E-14	-30,4336	-24,418
Абоненти мобільного стільникового зв'язку, на 100 осіб	-0,638369	0,122318	-5,21894	4,16E-05	-0,89352	-0,38322

Додаток Н

СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

I. Наукові праці, які відображають основні наукові результати дисертації:

1. Крисоватий А., Максимова І., Куриляк В. Кліматично-нейтральна економіка: глобальна візія та цифрові механізми досягнення : монографія. Тернопіль: ЗУНУ, 2024. 305 с. (особистий внесок здобувача: досліджено роль диджиталізації як драйвера кліматичної нейтральності світової економіки, визначено орієнтири гармонізації зеленого-цифрового переходу, змодельовано динаміку для України-ЄС) (6 д.а.)

2. Maksymova I., Kurilyak V., Mietule I., Arbidane I., Kurilyak M. Digitally driven model of a climate-neutral economy in terms of global financial capacity. *Financial and credit activity problems of theory and practice*. 2024. Vol. 3. №. 56. P. 334-349. DOI: <https://doi.org/10.55643/fcaptp.3.56.2024.4399> URL: <https://fkd.net.ua/index.php/fkd/article/view/4399> (особистий внесок здобувача: побудовано канву цифрово орієнтованої моделі кліматично-нейтральної економіки) (0,65 д.а.) (SCOPUS, WOS)

3. Krysovatyu A., Maksymova I., Kurilyak V., Radin M., Kurilyak M. International convergence towards a climate-neutral economy: modeling the agricultural sector. *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*. 2024. Vol. 10. №2. P. 52–79. DOI: <https://doi.org/10.51599/are.2024.10.02.03> URL: <https://are-journal.com/are/article/view/855> (особистий внесок здобувача: побудовано модель кліматичної конвергенції, виконано емпіричний аналіз) (0,5 д.а.) (SCOPUS, Q2)

4. Lukashevych Y., Evdokimov V., Polukhin A., Maksymova I., Tsvilii D. Innovation In The Energy Sector: The Transition To Renewable Sources As A Strategic Step Towards Sustainable Development. *African Journal of Applied Research*. 2024. Vol. 10. №. 1. С. 43-56. DOI: <https://doi.org/10.26437/ajar.v10i1.665> URL: <https://ajaronline.com/index.php/AJAR/article/view/665/412> (особистий внесок здобувача: сформовано напрямки зеленого-цифрового переходу енергетичного сектору в контексті досягнення кліматичної нейтральності) (0,4 д.а.) (SCOPUS)

5. Artemenko Y., Novorov Y., Maksymova I., Kostiuk V., Zienkin M. The impact of conflict on contemporary global dynamics: integration, globalisation, and polarisation trends. *Multidisciplinary Reviews*. 2024. Vol. 7. DOI: <https://10.31893/multirev.2024spe030> URL: <https://malque.pub/ojs/index.php/mr/article/view/3823> (особистий внесок здобувача: окреслено вплив кліматичного виклику на глобальну динаміку в контексті російсько-Української війни) (0,35 д.а.) (SCOPUS)

6. Hushko S., Temchenko H., Kryshchyna I., Maksymova, I., Huk O. Modelling of management activity of the organization considering the impact of implicit factors

Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. Vol. 1. № 91. P. 13-21. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.121647> URL: <https://journals.uran.ua/eejet/article/view/121647> (особистий внесок здобувача: запропоновано підхід до врахування екологічної складової сталого розвитку в частині цифрової моделі неявних факторів для підприємств-експортерів) (0,25 д.а.) (SCOPUS)

7. Maksymova I., Velhas V., Tokunova A., Pugachov M., Chichulina K. Business Adaptation to Climate Change: Developing Strategies to Adapt Business Processes to Changing Climate Conditions and Reduce Risks. *Economic Affairs*. 2024. Vol. 69(03). P.1299-1309. DOI:10.46852/0424-2513.4.2024.14 URL: <https://economicaffairs.co.in/Journal/abstract/id/NjUyNw==/?year=2024&month=September&volume=Volume%2069&issue=Issue%203> (особистий внесок здобувача: визначено орієнтири кліматично-нейтрального розвитку бізнесу в глобальному просторі, розширено рамку кліматичних ризиків) (0,4 д.а.) (на індексації SCOPUS)

8. Максимова І. Світова економіка в умовах зміни клімату. *Науковий вісник Міжнародної асоціації науковців. Серія: економіка, управління, безпека, технології*. 2024. Т. 3. № 3. DOI: <https://doi.org/10.56197/2786-5827/2024-3-3-1> (1,24 д.а.)

9. Максимова І. Еволюція міжнародних зусиль у формуванні кліматичного вектору світової економіки. *Економіка та суспільство*. 2024. Вип. 64. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-64-109> (0,75 д.а.)

10. Максимова І. Адаптація світової економіки до зміни клімату: фінансовий та цифровий аспекти. *Адаптивне управління: теорія і практика. Серія: Економіка*. 2024. Вип. 19 (38). DOI: [https://doi.org/10.33296/2707-0654-19\(38\)-23](https://doi.org/10.33296/2707-0654-19(38)-23) (0,85 д.а.)

11. Максимова І. Концепт сталої диджиталізації як базис зеленого-цифрового переходу до кліматично-нейтральної економіки. *Економічні горизонти*. 2024. №2-3 (28). С. 235–248. DOI: [https://doi.org/10.31499/2616-5236.3\(28\).2024.310264](https://doi.org/10.31499/2616-5236.3(28).2024.310264) (1,15 д.а.)

12. Maksymova I., Nastase C. European model of climate-neutral business development based on digitalization principles. *Journal of European Economy*. 2024. Vol. 23. №. 2. P. 336-352. DOI: <https://doi.org/10.35774/jee2024.02.336> (особистий внесок здобувача: визначено стратегічні напрямки диджиталізації для сприяння декарбонізації сучасного бізнесу) (0,65 д.а.)

13. Максимова І., Куриляк В. Digitalization and decarbonization: aspects of synergy in the EU industries. *Економіка та суспільство*. 2024. Вип. 67. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-67-157> (особистий внесок здобувача: побудовано модель зниження викидів за різними сценаріями, окреслено роль диджиталізації у цьому процесі) (0,5 д.а.)

14. Maksymova I. Global green transition in terms of climate neutrality and sustainable digitalization. *Приазовський економічний вісник*. 2024. Вип. 3 (39). С. 108-113. DOI: <https://doi.org/10.32782/2522-4263/2024-3-17> (0,82 д.а.)

15. Maksymova I. Decarbonization of global industry. *Foreign trade: economics, finance, law*. 2024. Vol. 135 (4). P. 38-51. DOI: [https://doi.org/10.31617/3.2024\(135\)03](https://doi.org/10.31617/3.2024(135)03) (1,07 д.а.)
16. Максимова І. Роль діджиталізації у підтримці глобальних ESG-ініціатив: перехід міжнародного бізнесу до кліматичної нейтральності. *Інвестиції: практика та досвід*. 2024. Вип. 6. С. 103-110. DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6814.2024.6.103> (0,95 д.а.)
17. Максимова І. Європейський ракурс гармонізації цифрової та зеленої трансформації світової економіки. *Ефективна економіка*. 2024. Вип. 3. DOI: <https://doi.org/10.32702/2307-2105.2024.3.42> (0,86 д.а.)
18. Шпатакова О., Максимова І., Луців Р. Дослідження ролі цифрової економіки в досягненні цілей сталого розвитку та збереження природних ресурсів. *Причорноморські економічні студії*. 2024. Вип. 86. С. 80-85. DOI: <https://doi.org/10.32782/bses.86-13> (особистий внесок здобувача: визначено функціональну роль діджиталізації в реалізації цілей сталого розвитку, дотичних до кліматичної проблематики) (0,25 д.а.)
19. Максимова І., Петрішина Т., Бай О. Business eco-vision: climate-neutrality in terms of digitalization and green marketing. *Вчені Записки*. 2024. Вип. 35 (2). С. 71-85. DOI: 10.33111/vz_kneu.35.24.02.07.047.053 URL: [https://vz.kneu.ua/archive/2024/35\(2\)/contents](https://vz.kneu.ua/archive/2024/35(2)/contents) (особистий внесок здобувача: розроблено концепт кліматично-нейтрального розвитку міжнародного бізнесу на засадах інтеграції інструментів діджиталізації) (0,65 д.а.)
20. Максимова І. Strategic framework of digital transformation towards climate-neutral economy. *Цифрова економіка та економічна безпека*. 2024. Вип. 4 (13). P. 173-180. DOI: <https://doi.org/10.32782/dees.13-26> (1,1 д.а.)
21. Максимова І., Іщук О., Слободян Н. Зелена енергетика як ключовий елемент зеленої економіки: стратегії розвитку та вплив на енергетичну безпеку. *Наукові перспективи*. 2024. Вип. 8 (50). С. 480-492. DOI: [https://doi.org/10.52058/2708-7530-2024-8\(50\)-480-492](https://doi.org/10.52058/2708-7530-2024-8(50)-480-492) (особистий внесок здобувача: визначено передумови декарбонізації енергетичної сфери з урахуванням впливу на клімат та технологічну складову) (0,4 д.а.)
22. Maksymova I. Convergence of digital and climate-neutral economic development: evidence from global indices. *Modern Economics*. 2024. Vol. 46. P. 90-98. DOI: [https://doi.org/10.31521/modecon.V46\(2024\)-12](https://doi.org/10.31521/modecon.V46(2024)-12) (1,06 д.а.)
23. Maksymova I. Digitalization-based integration of climate policies of Ukraine and the EU. *Journal of european economy*. 2023. Vol. 22 (1). P. 94-110. DOI: <https://doi.org/10.35774/jee2023.01.093> (0,92 д.а.)
24. Maksymova I., Vyshnevska K., Lavrenko R., Baida M., Kulishov V. Methodology for Researching Digital Diplomacy in the New Era of Sustainable Development and Climate Change. *Economics and technical engineering*. 2023. Vol. 1 (2). P. 10-20. DOI: <https://doi.org/10.62911/ete.2023.01.02.01> (особистий внесок здобувача: визначено вплив кліматичного виклику на формування цифрової дипломатії) (0,35 д.а.)

25. Максимова І., Куриляк В. Діджиталізація світової індустрії у контексті забезпечення кліматичної нейтральності. *Журнал європейської економіки*. 2022. Вип. 21 (3). С. 353-370. URL: <https://jeej.wunu.edu.ua/index.php/ukjee/article/view/1609> (особистий внесок здобувача: визначено стратегічні напрямки досягнення кліматичної нейтральності ЄС та України) (0,65 д.а.)

26. Khamidov O., Mamanazarov A., Maksymova I., Slusarenko K., Kulishov V. Digitalization paradigm of Ukrainian financial market. *Journal of European Economy*. Vol. 20 (4). P. 648-664, DOI:10.35774/jee2021.04.648 (особистий внесок здобувача: розвинуто метрики оцінки цифрового розвитку та процесів діджиталізації на прикладі фінансової сфери України та ЄС) (0,35 д.а.)

27. Izmaylov Y., Yegorova I., Maksymova I., Znotina D. Digital economy as an instrument of globalization. *Scientific Journal of Polonia University*. 2018. Vol. 27 (2). P. 52-60. DOI: <https://doi.org/10.23856/2706> (особистий внесок здобувача: визначено принципи діджиталізації та пріоритетні напрямки розвитку цифрової економіки з урахуванням впливу глобалізації та сталого розвитку) (0,3 д.а.)

II. Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

28. Maksymova I., Mietule I., Kulishov V. Digital Solutions for a Climate Neutral Economy: International Framework of Eco-Digital Projects. *ENVIRONMENT. TECHNOLOGIES. RESOURCES: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference (Rezekne, Latvia, June 15-16, 2023)* Vol. 1. Rezekne: RTA, 2023. P. 123-127. DOI: <https://doi.org/10.17770/etr2023vol1.7291> (особистий внесок здобувача: виконано глобальну диференціацію кліматично-цифрових проєктів) (0,5 д.а.) (Індексовано у SCOPUS)

29. Hushko S., Botelho J. M., Maksymova I., Slusarenko K., Kulishov V. Sustainable development of global mineral resources market in Industry 4.0 context. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: Proceedings of the International Scientific Conference (Ukraine-England-Slovakia, September, 21 – October, 30)*. IOP Publishing, 2021. Vol. 628. P. 1-12. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/628/1/012025> (особистий внесок здобувача: представлено бачення діджиталізації як важеля сталого розвитку світового ринку мінеральних ресурсів, розроблено систему індикаторів аналізу зеленого-цифрового розвитку) (0,45 д.а.) (індексовано у SCOPUS)

30. Mietule I., Hushko S., Maksymova I., Sheludiakova N., Kulishov V., Lonska, J. Information and communication technology: Case for tertiary education in terms of smart economics. *SOCIETY. INTEGRATION. EDUCATION. Proceedings of the International Scientific Conference (Rezekne, Latvia, May 28-29, 2021)* Rezekne: RTA, 2021. Vol. 5. P. 401-413. DOI: <https://doi.org/10.17770/sie2021vol5.6396> (особистий внесок здобувача:

визначено тенденції глобального розвитку ІКТ, їх внесок в економічне зростання ЄС та України) (0,3 д.а.) (Індексовано у WOS)

31. Mietule I., Maksymova I., Holikova K. Key trends in the development of marketplaces as a trigger for the transformation of global business. *Society. Integration. Education: Proceedings of the International Scientific Conference* (Rezekne, Latvia, May 24-25, 2019) Rezekne: RTA, 2019. Vol. 6, pp. 374-386. DOI: <https://doi.org/10.17770/sie2019vol6.3883> (особистий внесок здобувача: визначено концептуальну роль диджиталізації в трансформації глобального бізнесу з урахуванням нових викликів) (0,35 д.а.) (Індексовано у WOS)

32. Глобальна економіка: становлення, трансформації, виклики : підручник / ред. В.Кулішова. Прага: OKTAN PRINT, 2023. 500 с. DOI: 10.46489/GE23UA-01 URL: <https://www.oktanprint.cz/p/global-economy-ua/> (особистий внесок здобувача: розроблено Розділ 8. Цифрова трансформація світової економіки, а саме 8.1. Цифрова економіка: нова реальність господарювання; 8.2. Діджиталізація світової промисловості. Концепція індустрії X.0; 8.3. Цифрова трансформація бізнесу та нові бізнес-моделі) (2,3 д.а.)

33. Maksymova I., Kurilyak M. Strategic vision for decarbonizing global industry through evidence-based digitalization. *Ensuring sustainable economic development in the context of globalisation challenges: Conference Proceedings* (Kielce, Poland, November 1-2, 2024). Riga, Latvia : Baltija Publishing, 2024 (особистий внесок здобувача: визначено стратегічну роль диджиталізації в процесах декарбонізації індустрії) (0,2 д.а.)

34. Максимова І. Ukraine's post-war recovery in line with global benchmarks for developing a climate-neutral economy. *Реформування та стабілізація економіки в контексті міжнародного співробітництва: матеріали Міжнар.наук.-практ. конф. (м. Одеса, 25 жовт. 2024 р.)* Одеса: ОНУ ім. І.І. Мечникова, 2024. (0,3 д.а.)

35. Максимова І. Strategic reframing of green-digital transition in the context of climate neutrality and global externalities. *Економіка країни в умовах глобальних викликів: наукові підходи та практика реалізації: матеріали Міжнар.наук.-практ. конф. (м. Одеса, 6 вер. 2024 р.)* Одеса: ОНУ ім. І.І. Мечникова, 2024. С. 208-214. DOI: <https://doi.org/10.36059/978-966-397-415-6-50> (0,2 д.а.)

36. Максимова І. Цифрові імперативи розвитку кліматично- нейтральної економіки. *Міжнародна економіка в умовах кліматичних змін: глобальні виклики: матеріали III Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Тернопіль, 26 квіт. 2024 р.)* Тернопіль: ЗУНУ, 2024. С. 43-47. URL: <http://dspace.wunu.edu.ua/bitstream/316497/51684/1/%D0%86%D1%80%D0%B8%D0%BD%D0%B0%20%D0%9C%D0%90%D0%9A%D0%A1%D0%98%D0%9C%D0%9E%D0%92%D0%90.pdf> (0,25 д.а.)

37. Максимова І. Парасольковий підхід в управлінні кліматичними змінами: як діджиталізація визначає зелене майбутнє економіки. *Актуальні проблеми управління соціально-економічними системами: матеріали IX*

Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. (м. Луцьк, 15 груд. 2024 р.) Луцьк: ЛНТУ, 2023. С. 62-65. URL: https://lib.lntu.edu.ua/sites/default/files/2024-06/Stasiuk_Polikevych_Lutsk_2023_1.pdf (0,3 д.а.)

38. Maksymova I. Digital via Green Economy: Productive Harmony or Missed Opportunity. *Society of Ambient Intelligence: VI International scientific congress (Ukraine, November 20-25)* Kryvyi Rih: SUET, 2023. (0,25 д.а.)

39. Максимова І. Діджиталізація як важіль досягнення кліматичних орієнтирів світової економіки. *Економічний і соціальний розвиток України в ХХ столітті: національна візія та виклики глобалізації*: міжнар. наук.-практ. конф. (м. Тернопіль, 19 трав. 2023 р.) Тернопіль: ЗУНУ, 2023. С. 732-736. URL: <http://dspace.wunu.edu.ua/handle/316497/49651> (0,2 д.а.)

40. Maksymova I. Towards a climate-neutral economy by twinning digital and green transition. *Social Aspects of Market Economy – Sustainability and Health Economics: SAGR International Conference (Czestochowa, Poland, April 20-21, 2023)* Czestochowa: Jan Dlugosz University, 2023. (0,2 д.а.)

41. Maksymova I. Digitalization as a Tool for the Green Economy Transition in the Context of Climate Change. *Fundamental shifts in geo-economic systems of the world: international collection of scientific works* (Kyiv, December, 20, 2022) Київ: Інститут НАН України, 2023. (0,3 д.а.) Kyiv: National Academy of Sciences of Ukraine; State Organization "Institute for Economics and Forecasting of the NAS of Ukraine", 2023. P. 181-185. URL: http://ief.org.ua/?page_id=11946

42. Максимова І. Синергія цифрової та зеленої трансформації у формуванні кліматично нейтральної економіки. *Актуальні проблеми управління соціально-економічними системами*: Матеріали Х Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. (м. Луцьк, 15 груд. 2022 р.) Луцьк: ЛНТУ, 2022. URL: <http://dspace.puet.edu.ua/bitstream/123456789/12596/3/%D0%97%D0%B1%D1%96%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA%20%D0%9B%D1%83%D1%86%D1%8C%D0%BA2022.pdf> (0,2 д.а.)

43. Mietule I., Purii H., Maksymova I., Shaikan A., Hushko S., Kulishov V. Digital humanization of education in the light of geopolitical challenges. *Society. Integration. Education: Proceedings of the International Scientific Conference (Rezekne, Latvia, May 26, 2023)* Rezekne: RTA, 2023. Vol. 1. P. 373-384. DOI: <https://doi.org/10.17770/sie2023vol1.7160> (особистий внесок здобувача: розглянуто вплив глобального кліматичного виклику на категорію цифрової гуманізації) (0,2 д.а.)

44. Sheludiakova N., Mamurov B., Maksymova I., Slyusarenko K., Yegorova I. Communicating the Foreign Policy Strategy: on Instruments and Means of Ministry of Foreign Affairs of Ukraine. *SHS Web of Conferences: EDP Sciences, IV International Scientific Congress (Ukraine-Uzbekistan-Latvia, April, 12-16, 2021)*. Kryvyi Rih: ISCSAI, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1051/shsconf/202110002005> (особистий внесок здобувача: обґрунтовано роль цифрової трансформації у розвитку зовнішньої політики України стосовно питань сталого розвитку) (0,25 д.а.)

45. Holikova K., Maksymova I., Matsyura S., Radko V., Rudenko N., Zhukova D. Sustainable Development Indicators Under Analysis of European Union Member States and Ukraine. *III International Scientific Congress Society of Ambient Intelligence 2020* (Ukraine-Uzbekistan-Latvia-Poland, September, 24-25, 2020). Paris: Atlantis Press, 2020. P. 215-221. DOI: <https://doi.org/10.2991/aebmr.k.200318.027> (особистий внесок здобувача: побудовано цифрову модель індексної оцінки ЄС-Україна за метриками сталого розвитку) (0,25 д.а.)

Додаток II
Апробація результатів дисертації

Назва конференції, конгресу, симпозіуму, семінару, школи	Місце проведення	Дата проведення (із зазначенням числа, місяця та року)	Форма участі
1	2	3	4
Ensuring sustainable economic development in the context of globalisation challenges	м. Кельце, Польща	1-2 листопада, 2024 р.	Заочна
Реформування та стабілізація економіки в контексті міжнародного співробітництва	м. Одеса	25 жовтня, 2024 р.	Очна
Економіка країни в умовах глобальних викликів: наукові підходи та практика реалізації	м. Одеса	6 вересня, 2024 р.	Заочна
Міжнародна економіка в умовах кліматичних змін: глобальні виклики	м. Тернопіль	26 квітня, 2024 р.	Очна
Актуальні проблеми управління соціально-економічними системами	м. Луцьк	15 грудня, 2023 р.	Очна
VI International scientific congress Society of Ambient Intelligence	м. Бангалор, Індія – м. Сучава, Румунія – м. Резекне, Латвія, – м. Ташкент, Узбекистан – м. Кривий Ріг – м. Харків	20-25 листопада, 2023 р.	Очна
Environment. Technologies. Resources	м. Резекне, Латвія	15-16 червня, 2023 р.	Очна
Society. Integration. Education	м. Резекне, Латвія	26 травня, 2023 р.	Очна
Економічний і соціальний розвиток України в ХХ столітті: національна візія та виклики глобалізації	м. Тернопіль	19 травня, 2023 р.	Очна
Social Aspects of Market Economy: SAGR International Conference	м. Ченстохова, Польща	20-21 квітня, 2023 р.	Очна
Фундаментальні зсуви гео економічної системи світу	м. Київ	20 грудня, 2022 р.	Очна
Актуальні проблеми управління соціально-економічними системами	м. Луцьк	15 грудня, 2022 р.	Очна
8th International Scientific Conference on Sustainability in Energy and Environmental Science	м. Івано-Франківськ, - м. Лондон, Великобританія	21 вересня, 2021 р.	Очна

1	2	3	4
Society. Integration. Education	м. Резекне, Латвія	28-29 травня, 2021 р.	Очна
IV International Scientific Congress ISC-SAI	м. Кривий Ріг – м. Ченстохова, Польща	12-16 квітня 2021 р.	Очна
III International Scientific Congress ISC-SAI	м. Варшава, Польща - м. Київ, - м. Резекне, Латвія - м. Ташкент, Узбекистан - м. Кривий Ріг	2-10 квітня 2020 р.	Очна
Society. Integration. Education	м. Резекне, Латвія	24-25 травня, 2019 р.	Очна
ERASMUS №2022-1-LV01- KA131-HED-000055299	м. Резекне, Латвія	11-15 вересня, 2023 р.	Очна

Додаток Р



МІНІСТЕРСТВО РОЗВИТКУ ГРОМАД, ТЕРИТОРІЙ ТА ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ

пр-т Берестейський, 14, м. Київ, 01135,
тел.: (044) 351-40-96, (044) 351-40-35, (044) 351-40-01,
E-mail: miu@mtu.gov.ua, сайт: www.mtu.gov.ua, код згідно з ЄДРПОУ 37472062

від _____ 20__ р. № _____ На № _____ від _____ 20__ р.

Голові спеціалізованої вченої ради
Західноукраїнського національного
університету
д.е.н., професору Андрію КРИСОВАТОМУ

ДОВІДКА

про впровадження результатів наукового дослідження
докторанта кафедри міжнародної економіки
Західноукраїнського національного університету
Максимової Ірини Іванівни
на тему: «Діджиталізація як драйвер кліматичної нейтральності світової
економіки»

У дисертації Максимової І.І. на здобуття ступеня доктора економічних наук за спеціальністю 08.00.02 – Світове господарство та міжнародні економічні відносини в Західноукраїнському національному університеті викладено наукові концепції, положення та рекомендації стосовно використання інструментарію діджиталізації з метою розбудови світової економіки у напрямку досягнення кліматичної сталості.

Грунтовне дослідження авторки дозволило представити модель переходу до кліматично нейтральної економіки, яка заснована на широкій інтеграції ключових секторів цифрових технологій та інновацій, механізмах глобальної фінансової підтримки та публічно-приватному партнерстві. Акцент дослідження зроблено на проблематиці досягнення кліматичної нейтральності різних секторів сучасної економіки, зокрема транспортній сфері, яка є одночасно вагомим контриб'ютором викидів та потужним чинником розвитку економіки. Отримані наукові результати розвивають загальну візію та концепцію зеленого-цифрового переходу транспортного сектору економіки в контексті відновлення та перспектив євроінтеграції. Дисертація містить досить



ДОКУМЕНТ СЕД

Підписувач Деркач Сергій Анатолійович
Сертифікат 6FA97849F1B2570D0400000D0890000D7530300
Дійсний з 14.03.2024 16:12:00 по 14.03.2025 16:12:00

Міністерство розвитку громад, територій
та інфраструктури України



8716/43/10-24 від 14.05.2024

корисний критичний аналіз світових інноваційних цифрових технологій з точки зору їх використання для розвитку транспортної сфери та відновлення інфраструктури в Україні за принципами кліматично-нейтральної економіки.

Надана довідка підтверджує, що пропозиції Максимової І.І. були взяті до уваги в роботі. Рекомендації авторки є перспективними для впровадження, зокрема для втілення у концепції зеленого відновлення економіки України, стратегуванні подвійного цифрового-зеленого переходу транспортної сфери, повоєнного відновлення інфраструктури на засадах повсюдної діджиталізації та кліматичної сталості, інтеграції кліматичних та цифрових політик України-ЄС.

Довідка представлена до спеціалізованої вченої ради Д 58.082.01 Західноукраїнського національного університету.

Заступник Міністра



Сергій ДЕРКАЧ



ДОКУМЕНТ СЕД

Підписувач Деркач Сергій Анатолійович
Сертифікат 6FA97849F1B2570D0400000D0890000D7530300
Дійсний з 14.03.2024 16:12:00 по 14.03.2025 16:12:00

Міністерство розвитку громад, територій
та інфраструктури України



8716/43/10-24 від 14.05.2024



КОМІТЕТ ВЕРХОВНОЇ РАДИ УКРАЇНИ з питань цифрової трансформації

вул. М. Грушевського, 5, м. Київ, 01008, www.rada.gov.ua

Голові спеціалізованої вченої ради
Західноукраїнського національного
університету
д.е.н., професору Андрію КРИСОВАТОМУ

ДОВІДКА
про впровадження результатів наукового дослідження
докторанта кафедри міжнародної економіки
Західноукраїнського національного університету
Максимової Ірини Іванівни
на тему: «Діджиталізація як драйвер кліматичної нейтральності світової
економіки»

Комітет Верховної Ради України з питань цифрової трансформації на своєму засіданні 18 червня 2024 року (Протокол № 124) розглянув матеріали Дисертації Максимової І.І. на здобуття ступеня доктора економічних наук за спеціальністю 08.00.02 «Світове господарство та міжнародні економічні відносини».

Дисертація Максимової І.І. відображає глибокий комплексний погляд на цифрову трансформацію як потужний важіль розвитку кліматично-нейтральної економіки та переходу до низьковуглецевого виробництва. Представлені наукові положення та практичні рекомендації стосуються економічних моделей застосування механізмів та інструментів діджиталізації в синергії до зеленого переходу та досягнення кліматичної нейтральності світової економіки.

Авторка розвиває концепцію сталої діджиталізації, пропонуючи цифрову орієнтовану модель кліматично-нейтральної економіки на основі визначення ключових секторів цифрових технологій та інновацій, які забезпечують реалізацію кліматичних ініціатив у різних секторах господарювання. Зокрема, запропоновано економічні важелі та детермінанти реалізації такої моделі на базі ґрунтового дослідження міжнародного досвіду подвійних еко-цифрових проєктів, які успішно реалізуються в різних регіонах світу та можуть бути трансформовані в контексті національної специфіки. Практичний інтерес до впровадження представляють також наукові викладки щодо імплементації механізмів цифрової трансформації задля кліматично-нейтрального розвитку економіки України з урахуванням повоєнного дискурсу та найближчих перспектив європейської інтеграції.

Довідка є підтвердженням того, що надані рекомендації та пропозиції Максимової І.І. є перспективними для впровадження у роботі Комітету



Апарат Верховної Ради України
04-33/14-2024/134192 від 18.06.2024



1593726

Верховної Ради України з питань цифрової трансформації, зокрема при розробці програмних ініціатив та законопроектної діяльності за напрямками:

- стратегування цифрового розвитку економіки, зокрема в частині планування зеленого переходу та повоєнного відновлення;
- визначення пріоритетних секторів цифрових інновацій для підтримки кліматично орієнтованих проєктів національної економіки та загального розвитку концепції сталої діджиталізації економіки.

Довідка представлена до спеціалізованої вченої ради Д 58.082.01 Західноукраїнського національного університету.



Голова Комітету



М. КРЯЧКО





КОМІТЕТ ВЕРХОВНОЇ РАДИ УКРАЇНИ
з питань екологічної політики
та природокористування

вул. М. Грушевського, 5, м. Київ, 01008, www.rada.gov.ua

Голові спеціалізованої вченої ради
Західноукраїнського національного
університету
д.е.н., професору Андрію КРИСОВАТОМУ

ДОВІДКА

про впровадження результатів наукового дослідження
докторанта кафедри міжнародної економіки
Західноукраїнського національного університету
Максимової Ірини Іванівни
на тему:

«Діджиталізація як драйвер кліматичної нейтральності світової економіки»

У дисертаційній роботі Максимової І.І., поданій на здобуття ступеня доктора економічних наук за спеціальністю 08.00.02 «Світове господарство та міжнародні економічні відносини» в Західноукраїнському національному університеті, представлено концепцію розвитку кліматично-нейтральної економіки як прогресивної моделі глобальної системи господарювання. Авторка висуває системно-логічний підхід до діджиталізації як ефективного акселератора кліматично орієнтованих змін в економіці, спрямованих на забезпечення сталості.

Завдяки поглибленому теоретичному та емпіричному аналізу було визначено стратегічні імперативи, перспективи та потенційні бар'єри досягнення кліматичної нейтральності економіки України відповідно до часових маркерів, встановлених Європейським Союзом. Посилення інтеграції кліматичних політик між Україною та ЄС розглядається через призму всеохоплюючої цифрової трансформації. Зокрема, імплементація механізмів діджиталізації у національну промисловість та адаптація бізнесу до екологічних стандартів ЄС визначено як критично важливі аспекти реалізації стратегічних завдань міжнародних Зелених Угод та інтеграції національної економіки у глобальне співтовариство на засадах кліматичного паритету.

Дана робота буде використана при опрацюванні та розробці законодавчих ініціатив щодо міжсекторальної інтеграції екологічних та кліматичних заходів у планах реконструкції країни, визначенні стратегії «зеленої» реконструкції для ключових секторів та пріоритетів відповідного законодавства та стандартів ЄС у Національній програмі з адаптації законодавства.



Голова Комітету

О.В. БОНДАРЕНКО

Апарат Верховної Ради України
04-15/12-2024/112977 від 22.05.2024



1571103



Організація з безпеки та співробітництва в Європі

Голові спеціалізованої вченої ради
Західноукраїнського національного університету
д.е.н., професору Андрію КРИСОВАТОМУ

ДОВІДКА
про впровадження результатів наукового дослідження
докторанта кафедри міжнародної економіки
Західноукраїнського національного університету
Максимової Ірини Іванівни
на тему: «Діджиталізація як драйвер кліматичної нейтральності світової економіки»

Дисертація Максимової І.І. на здобуття ступеня доктора економічних наук за спеціальністю 08.00.02 – «Світове господарство та міжнародні економічні відносини» пропонує комплексний підхід до проблематики сталого майбутнього світової економіки, який охоплює аспекти наскрізної діджиталізації, виклики кліматичної сталості, узгодженості міжнародних екологічних та економічних політик, а також ефективного розвитку економіки задля посилення безпечних позицій регіонів та зміцнення консолідації міжнародних зусиль у цих напрямках.

У дисертації представлено модель цифрового забезпечення кліматичної нейтральності світової економіки, яка базується на ґрунтовному кейс-стаді різноманітних міжнародних еко-цифрових проєктів та дослідженні світової конвергенції на шляху до «чистого нуля». Авторка пропонує механізм її реалізації на основі поєднання інструментів міжнародної взаємодії, фінансової підтримки, публічно-приватного партнерства, просвіти та зміцнення спроможності громад у розвитку кліматично-нейтральної економіки. Використовуючи цю модель, дисертація розвиває концепцію відновлення економіки України за принципами сталої діджиталізації та інтеграції елементів кліматичних політик ЄС задля забезпечення кліматичної нейтральності економіки з урахуванням потенціалу досягнення «чистого нуля» до встановленого ЄС 2050 року.

Довідка є підтвердженням того, що надані у дослідженні І. Максимової рекомендації та пропозиції було враховано у роботі під час стратегування відновлення України в частині рефреймінгу цифрового-зеленого переходу економіки, зокрема у межах розвитку проєкту "Екологічний моніторинг війни проти України та стратегія відновлення".

Довідка представлена до спеціалізованої вченої ради:
Д 58.082.01 Західноукраїнського національного університету.

Керівник проєктного відділу
(військово-політичний та
економіко-довкільний виміри безпеки)



Ярослав Юрцаба



Спеціальний представник Голозування –
Координатор проєктів ОБСЄ в Україні
вул. Стрілецька 16,
01030 Київ, Україна

osce.org
facebook.com/OSCE.Ukraine.Projects

05.06.2024

06.06.2024

Голові спеціалізованої вченої ради
Західноукраїнського національного
університету
д.е.н., професору
Андрію КРИСОВАТОМУ

ДОВІДКА
про впровадження результатів наукового дослідження
докторанта кафедри міжнародної економіки
Західноукраїнського національного університету
Максимової Ірини Іванівни
на тему:

«Діджиталізація як драйвер кліматичної нейтральності світової економіки»

Дисертаційна робота Максимової І.І., поданій на здобуття ступеня доктора економічних наук за спеціальністю 08.00.02 – Світове господарство та міжнародні економічні відносини, глибоко досліджує можливості світового економічного розвитку на основі потужної синергії зеленої та цифрової трансформації. Авторка розвиває наукову концепцію сталої діджиталізації як важеля декарбонізації сучасних індустрій, адаптації та відновлення екосистем, поширення низьковуглецевих практик, зокрема з урахуванням викликів повоєнної модернізації та євроінтеграційного процесу. Дослідження аргументує стратегічне значення діджиталізації для підвищення прозорості та ефективності процесу декарбонізації для міжнародних корпорацій, що представляє інтерес для посилення ESG-фокусу сучасного управління.

Практична площина дослідження полягає у запропонованій моделі розвитку кліматично-нейтральної економіки, яка базується на поєднанні сегментів: повсюдної діджиталізації; посиленні фінансової спроможності економічних суб'єктів в реалізації зеленого переходу та інноваційної діяльності у сфері еко-цифрових технологій; розширенні можливостей громад та переосмисленні напрямків екосистемної адаптації. Модель покладено в основу розвитку концепції зеленого відновлення економіки України за принципами сталої діджиталізації та вимогами ЄС у сфері кліматичного управління.

Дана довідка підтверджує, що наукові рекомендації та пропозиції Максимової І.І. було взято до уваги в проектній роботі міжнародної організації PAEW, зокрема в питаннях зеленого відновлення економіки України та розробки відповідних ініціатив.

З повагою,

Президентка Асоціації PAEW



Людмила ЦИГАНОК



IBAN UA493052990000026007046228314
Банк АТ КБ "ПРИВАТБАНК"
ЄДРПОУ 44087227



Громадська організація
«Українська асоціація Римського клубу»

Код ЄДРПОУ 33636930; www.clubofrome.org.ua

03-05-2024

Голові спеціалізованої вченої ради
Західноукраїнського національного університету
д.е.н., професору Андрію КРИСОВАТОМУ

ДОВІДКА
про впровадження результатів наукового дослідження
докторантки кафедри міжнародної економіки
Західноукраїнського національного університету
Максимової Ірини Іванівни
на тему:

«Діджиталізація як драйвер кліматичної нейтральності світової економіки»

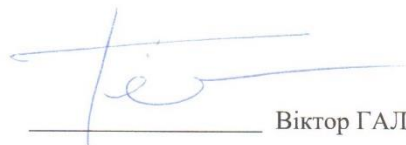
У дисертації Ірини Максимової на здобуття ступеня доктора економічних наук за спеціальністю 08.00.02 – Світове господарство та міжнародні економічні відносини в Західноукраїнському національному університеті, розвинуто наукову концепцію сталої діджиталізації як вагомого чинника розвитку кліматично-нейтральної економіки. Обидва глобальні тренди, цифрової та зеленої трансформації, формують проблематику міжнародної політичної агенди, особливо в Європейському Союзі, який є хедлайнером світового руху у сфері кліматичних програмних ініціатив.

Дослідження висвітлює результати системного аналізу найбільш ефективних механізмів використання цифрових інновацій на різних економічних рівнях з метою гармонійного зменшення викидів вуглецю в ключових ланках світового господарювання. Науково-практичний аспект роботи полягає у формуванні низки стратегічних підходів та механізмів, які можуть бути застосовані для досягнення кліматичної нейтральності економіки. Авторка пропонує конвергентну модель руху до кліматичної нейтральності, а також наводить оцінку позиції України відносно країн ЄС та світу щодо темпів декарбонізації відповідно до національно-визначених внесків. Результати дослідження знайшли відображення у розвитку концепції повоєнного зеленого відновлення економіки України, спираючись на імперативи сталої діджиталізації та, водночас, часові маркери кліматичної нейтральності, встановлені Європейським Союзом.

Наукові результати, отримані у роботі, дозволяють розглядати пропозиції І. Максимової при формуванні політик та стратегуванні економічного розвитку у напрямку досягнення кліматичної нейтральності, зокрема у перспективі повоєнного відновлення, а також з метою забезпечення вимог євроінтеграційного процесу в частині зелених політик та сталої діджиталізації. Довідка є підтвердженням того, що науково-практичні рекомендації та пропозиції Ірини Максимової було враховано у роботі *Української асоціації Римського клубу*.

Довідка представлена до спеціалізованої вченої ради Д 58.082.01 Західноукраїнського національного університету.

Президент
Української асоціації Римського клубу,
ад'юнкт-професор КМБС, д.е.н.


Віктор ГАЛАСЮК



**КИЇВСЬКА ОБЛАСНА
ТОРГОВО-ПРОМИСЛОВА ПАЛАТА
KIEV REGIONAL CHAMBER OF COMMERCE AND INDUSTRY**

Україна, 09117 м. Біла Церква, вул. Северина
Наливайка 13
Тел./факс: (04463) 9-17-17, тел.: (04463) 9-05-45, 9-13-34
Код ЗУКПО 25657534
р/р IBAN UA 09 322669 00000 26009300093852 в
Ощадбанк м. Київ МФО 322669

Ukraine, 09117 Bila Tserkva Severyn Nalyvaiko Street, 13
Tel./fax: (380)-4463-917-17, tel.: (380)-4463-9-05-45
E-mail: ccibts@magnus.kiev.ua, <http://www.bila.kiev.ua>

ДОВІДКА

**про впровадження результатів наукового дослідження
докторанта кафедри міжнародної економіки
Західноукраїнського національного університету
Максимової Ірини Іванівни**

на тему:

**«Діджиталізація як драйвер кліматичної нейтральності світової
економіки»**

ДОВІДКА

У дисертації Максимової І.І. на здобуття наукового ступеня доктора економічних наук за спеціальністю 08.00.02 – Світове господарство і міжнародні економічні відносини Західноукраїнського національного університету на тему «Діджиталізація як драйвер кліматичної нейтральності світової економіки» обґрунтовано науково-практичні положення щодо формування глобальної системи досягнення кліматичної нейтральності світової економіки за рахунок імплементації конвергентних процесів цифрової трансформації, зокрема, визначено детермінанти такого переходу для України.

На основі ґрунтовного теоретичного та емпіричного аналізу автором окреслено стратегічні імперативи розвитку кліматично-нейтральної світової економіки на засадах діджиталізації.

Довідка є підтвердженням того, що надані у дисертаційному дослідженні рекомендації та пропозиції Максимової І.І. щодо механізму досягнення кліматичної нейтральності економіки із застосуванням моделі цифрового переходу для національної індустрії та векторів адаптації суб'єктів господарювання до вимог кліматичних політик Європейського Союзу були враховані у роботі Київської обласної торгово-промислової палати.

Довідка видана для представлення у спеціалізовану вчену раду Д 58.082.01 Західноукраїнського національного університету.

**Перший віце президент КоТІП
Доктор економічних наук, професор
Заслужений машинобудівельник України**



Е.Ф. Якушев

04 ТРАВНЯ 2024

21.05.2024 № 26-2024

**Голові спеціалізованої вченої ради
Західноукраїнського національного університету
д.е.н., професору Андрію КРИСОВАТОМУ**

ДОВІДКА

*про впровадження результатів наукового дослідження докторантки кафедри
міжнародної економіки Західноукраїнського національного університету*

Максимової Ірини Іванівни

на тему:

«Діджиталізація як драйвер кліматичної нейтральності світової економіки»

У дисертації Ірини Максимової на здобуття ступеня доктора економічних наук за спеціальністю 08.00.02 – Світове господарство та міжнародні економічні відносини в Західноукраїнському національному університеті, представлено методологію оцінювання та використання цифрової трансформації як рушійної сили досягнення кліматичної нейтральності світової економіки. Враховуючи сучасний геополітичний контекст, отримані в роботі результати можуть широко використовуватися при плануванні та стратегуванні сталого розвитку суб'єктів економіки, посиленні економічних та репутаційних аспектів міжнародної співпраці та інтеграції.

У роботі запропоновано концептуальну модель кліматично-нейтральної економіки, яка є орієнтованою на повсюдну діджиталізацію та пропонується до реалізації через механізм публічно-приватного філантропічного партнерства. Окрім того, у дослідженні підіймається важливе питання відповідальності та міжнародних соціально-економічних гарантій процесу цифрового-зеленого переходу, що є базисом для розбудови системи кліматичного комплаєнсу. Окреслені ґрунтовні викладки можуть бути використані у практичній площині з метою посилення інституційної спроможності національної економіки на важливому та незворотному шляху до кліматичної сталості.

Видана довідка є підтвердженням того, що науково-практичні рекомендації та результати, представлені у дисертації Ірини Максимової, було впроваджено Фондацією при загальному стратегуванні проектів інституційного розвитку та в межах проведених стратегічних сесій.

Довідка представлена до спеціалізованої вченої ради Д 58.082.01 Західноукраїнського національного університету.

Виконавчий директор



Катерина ДАЦКО



**FOUNDATION
FOR INSTITUTIONAL
DEVELOPMENT**



Facebook and LinkedIn: FID
fid4ua@gmail.com

Oksana Bronevetska
The head of the NGO "Foundation for Institutional Development"
+380 67 508 1608

Katerina Datsko
Executive director of the NGO "Foundation for Institutional Development"
+380 67 271 81 82



**КРИВОРІЗЬКА МІСЬКА РАДА
ВИКОНАВЧИЙ КОМІТЕТ**

пл. Молодіжна, 1, м. Кривий Ріг, Дніпропетровська обл., 50101, тел. (0564) 92 28 89, тел./факс: (056) 493 07 69
E-mail: mvk99@kr.gov.ua, web: https://kr.gov.ua, код згідно з ЄДРПОУ 04052169

На № _____ від _____

*Голові спеціалізованої вченої
ради Західноукраїнського
національного університету
д.е.н., професору*

Андрію КРИСОВАТОМУ

ДОВІДКА

**про впровадження результатів наукового дослідження
докторанта кафедри міжнародної економіки
Західноукраїнського національного університету
Максимової Ірини Іванівни**

на тему:

**«Діджиталізація як драйвер кліматичної нейтральності світової
економіки»**

Дисертація Ірини Максимової на здобуття ступеня доктора економічних наук за спеціальністю 08.00.02 – Світове господарство та міжнародні економічні відносини, пропонує науково-методологічні викладки та практичні рекомендації щодо розвитку кліматично-нейтральної економіки крізь призму широких можливостей цифрової трансформації. Проблематика цифрового-зеленого переходу постає в авангарді політико-економічної агенди в усьому світі. Обрана тема є актуальною не тільки для системи світового господарювання, але й представляє особливий інтерес для стратегічного розвитку міст та регіонів України, зважаючи на близькі перспективи європейської інтеграції, повоєнної реконструкції та розвитку міжнародного партнерства на засадах сталості. Зазначені аспекти є важливими для розвитку м. Кривий Ріг, який перебуває у фарватері світової промисловості та міжнародних індустріальних ланцюгів гірничо-металургійного комплексу. Водночас, місто активно розвивається у напрямку діджиталізації економіки.

Виконком Криворізької міської ради
вих. № 9/11/3986 від 06.06.2024



032542

У науковому дослідженні авторка пропонує комплексну систему показників та цифрово орієнтовану модель розвитку кліматично-нейтральної економіки, яка спирається на цілісну методологію, глибокий аналіз наукового дискурсу та міжнародний досвід реалізації цифрових-зелених ініціатив. Особливої уваги заслуговує запропонований цифровий скелет кліматично-нейтральної економіки та ранжування цифрових інновацій, які є пріоритетними для розвитку еко-цифрових проєктів в системі публічно-приватного партнерства.

Дана довідка видана на підтвердження того, що наукові результати, отримані І. Максимовою в дисертаційному дослідженні, було використано за такими напрямками:

удосконалення стратегічного плану розвитку міста в частині забезпечення кліматичної нейтральності промислового сектору, враховуючи особливості присутності на ринку міжнародних корпорацій ГМК.

планування регуляторної політики на основі визначення системи можливостей та бар'єрів досягнення кліматичної нейтральності міської економіки, зокрема енергоефективності, на засадах наскрізної діджиталізації та з урахуванням встановленої ЄС часової точки «чистого нуля» викидів у 2050 році.

стратегування міжнародних взаємин та партнерства. Зокрема, результати дисертаційного дослідження взято до уваги в контексті розвитку спільних міжнародних проєктів за підтримки урядів країн ЄС щодо посилення стійкості міст, відновлення економіки та територій, розвитку зеленої енергетики на засадах сталої діджиталізації та кліматичного паритету.

Довідка представлена до спеціалізованої вченої ради Д 58.082.01 Західноукраїнського національного університету.

З повагою
Заступник міського голови



Сергій МІЛЮТІН

Кріпак Тетяна
056 493 04 67

**ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ
«УКРАЇНЬСЬКА ГІРНИЧОДОБУВНА КОМПАНІЯ»**

Юридична адреса: 50000, м. Кривий Ріг
пр. Поштовий, б.1 кім. 400
р/р UA423077700000026008010035469 в АТ «АКЦЕНТ-БАНК»
МФО 307770, ЄДРПОУ 42952267
тел. (067)9717462, (0564)621618
E-mail: ugk_secretar@ukr.net

Вих. № 181/11-24
ВІД 04.11.2024

**Голові спеціалізованої вченої ради
Західноукраїнського національного університету
д.е.н., професору Андрію КРИСОВАТОМУ**

ДОВІДКА

**про впровадження результатів наукового дослідження
докторантки кафедри міжнародної економіки
Західноукраїнського національного університету
Максимової Ірини Іванівни**

на тему:

«Диджиталізація як драйвер кліматичної нейтральності світової економіки»

У дисертації Ірини Максимової на здобуття ступеня доктора економічних наук за спеціальністю «Світове господарство та міжнародні економічні відносини» Західноукраїнського національного університету представлено вагомі наукові результати дослідження диджиталізації як потужного важеля досягнення кліматичної нейтральності світової економіки. Пропозиції та рекомендації авторки є особливо актуальними для широкого кола міжнародних стейкхолдерів, адже питання екологічно орієнтованої перебудови світової економіки є наскрізним при формуванні кліматичних політик на державному рівні та, водночас, потужним репутаційним аспектом сучасного бізнесу на світовій арені. Для українського бізнесу ці виклики є особливо важливими в умовах інтеграції до ЄС та вибору векторів повоєнного відновлення.

Дисертаційна робота пропонує низку методологічних підходів та механізмів, що стосуються напрямків рефреймінгу цифрово-зеленого переходу світових індустрій на засадах саме кліматичного цілепокладання, сприятливих факторів та диверсифікації цього процесу, розуміння конвергенції світових економік у напрямку спільного руху до «чистого нуля» викидів.

Видана довідка є підтвердженням того, що наукові рекомендації та результати, представлені у дисертації І. Максимової, було використано у діяльності ТОВ «Українська гірничодобувна компанія», зокрема у плануванні розвитку компанії та зміцненні позиції на світових ринках враховано представлену цифрово-орієнтовану модель кліматично-нейтральної економіки та драйвери її імплементації; орієнтири та механізм повоєнного відновлення на засадах кліматичної нейтральності та сталої диджиталізації; результати позиціонування України в авторській моделі міжнародної кліматичної конвергенції; типологію кліматично-цифрових проєктів та запропонований «цифровий каркас» кліматичної нейтральності.

Довідка представлена до спеціалізованої вченої ради Д 58.082.01 Західноукраїнського національного університету.

Директор



підпис

Генкуленко С.М.

ZAS VENTURES

ZAS Ventures LLC
 EIN: 87-370974
 300 Creek View Road, Suite 209
 Newark, DE 19711, USA

Andriy Zinchuk, Managing Partner
 +38067300077
 hello@zas.ventures
 https://zas.ventures/

Голові спеціалізованої вченої ради
 Західноукраїнського національного університету
 д.е.н., професору Андрію КРИСОВАТОМУ

ДОВІДКА

про впровадження результатів наукового дослідження
 докторантки кафедри міжнародної економіки
 Західноукраїнського національного університету
 Максимової Ірини Іванівни
 на тему:

«Диджиталізація як драйвер кліматичної нейтральності світової економіки»

У дисертаційному дослідженні Ірини Максимової на здобуття ступеня доктора економічних наук за спеціальністю «Світове господарство та міжнародні економічні відносини» Західноукраїнського національного університету представлено всебічний аналіз диджиталізації як важеля досягнення кліматичної нейтральності в глобальному економічному просторі. Робота має важливе практичне значення для міжнародних корпорацій, оскільки пропонує стратегічне бачення щодо екологічно орієнтованого розвитку світової економіки, що гармонічно вписується в канву розвитку міжнародних агентів, а також створює додаткову вартість для інвесторів шляхом оптимізації репутаційного капіталу на засадах поєднання кліматичних інтересів та цифрових можливостей.

Авторка пропонує цілісні методологічні підходи, що дозволяють інтегрувати механізми диджиталізації в економічну діяльність задля досягнення кліматичної нейтральності, що стає одним із ключових критеріїв визнання, особливо у Європейському просторі. Крім того, дослідження підкреслює необхідність міжнародної відповідальності та розбудови механізмів забезпечення цифрового-зеленого переходу, що може служити основою для глобальної стратегії, орієнтованої на стабільний розвиток і економічне зростання.

Видана довідка є підтвердженням того, що науково-практичні рекомендації та результати, представлені у дисертації І. Максимової, було використано у діяльності міжнародної інституції «ZAS Ventures», зокрема при стратегуванні майбутнього розвитку, визначенні орієнтирів інвестиційної діяльності з урахуванням кліматичних політик та напрямків цифрової трансформації світової економіки.

Довідка представлена до спеціалізованої вченої ради Д 58.082.01 Західноукраїнського національного університету.

Засновник та Керуючий партнер



Зінчук Андрій Сергійович

07 ЖОВТНЯ 2024

ZAS
 VENTURES

We help european seed-stage
 startups to scale across US



Голові спеціалізованої вченої ради
Західноукраїнського національного
університету
д.е.н., професору Андрію КРИСОВАТОМУ

ДОВІДКА
про впровадження результатів наукового дослідження
докторанта кафедри міжнародної економіки
Західноукраїнського національного університету
Максимової Ірини Іванівни
на тему:
«Диджиталізація як драйвер кліматичної нейтральності
світової економіки»

Дисертаційна робота Ірини Максимової, подана на здобуття ступеня доктора економічних наук за спеціальністю 08.00.02 – Світове господарство та міжнародні економічні відносини в Західноукраїнському національному університеті, спрямована на розробку концептуальних підходів до трансформації світової економіки через інтеграцію можливостей диджиталізації та міжнародних вимог до кліматичної нейтральності.

Результати дослідження були впроваджені у діяльність ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг», яка є частиною міжнародної корпорації АрселорМіттал, потужного лідера світового виробництва сталі.

Подана довідка підтверджує, що наукові положення та результати дисертації І. Максимової було враховано за такими напрямками:

- урахування елементів моделі кліматичної нейтральності, вимог ЄС щодо системи торгівлі викидами, СВАМ, та інших механізмів, що особливо актуально в умовах євроінтеграційного процесу та амбіцій компанії у напрямку виходу на нові ринки;
- урахування концепції сталої диджиталізації у напрямку посилення зеленого-цифрового переходу світової економіки та позиціонування міжнародної корпорації у цьому процесі;
- розвиток стратегії корпоративної соціальної відповідальності з урахуванням запропонованих авторкою імперативів кліматичної нейтральності та диджиталізації, а також запропонованих викладок щодо міжнародного публічно-приватного партнерства у реалізації кліматично-цифрових проектів.

Вважаємо, що наведені у роботі результати та напрацювання авторки є важливими для сталого розвитку системи світового господарювання та міжнародних економічних відносин в частині забезпечення кліматичної нейтральності та розширення візії диджиталізації серед суб'єктів сучасної економіки.

Директор проекту зі сталого розвитку
управління підприємства «Кривий Ріг»

Ольга СЕМКІВ

20-09-2024

PJSC «ArcelorMittal Kryvyi Rih»
1, Kryvorizhstali street
(Ordzhonikidze)
Kryvyi Rih, 50006
Ukraine

T +38 096 590 46 23
F +38 056 790 51 53
E-mail: amkr@arcelormittal.com
ukraine.arcelormittal.com

ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»
вул. Криворіжсталі
(Орджонікідзе), 1
м. Кривий Ріг, 50006
Україна

IBAN
UA283005840000026008200354222
в ПАТ «Сітібанк»
Код ЄДРПОУ – 24432974,
МФО – 300584



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ

вул. Медична 16, м. Кривий Ріг, Україна, 50005, тел. +380 97 214 88 69
 duet.edu.ua@gmail.com, duet.edu.ua
 код ЄДРПОУ 43684645

30.10.2024 № 1460-01/01

На № _____ від _____

ДОВІДКА

**про впровадження у навчальний процес
 результатів дисертаційної роботи
 на здобуття наукового ступеня доктора економічних наук
 Максимової Ірини Іванівни
 на тему: «Диджиталізація як драйвер кліматичної нейтральності
 світової економіки»**

Основні положення та наукові результати дисертаційної роботи Максимової Ірини Іванівни за темою «Диджиталізація як драйвер кліматичної нейтральності світової економіки», поданої на здобуття ступеня доктора економічних наук за спеціальністю 08.00.02 – Світове господарство та міжнародні економічні відносини, впроваджено у навчальний процес Державного університету економіки і технологій.

Результати дослідження апробовані при складанні навчальних програм та методичного забезпечення дисциплін:

– бакалаврату («Міжнародна економіка», «Цифрова економіка») – теоретичне обґрунтування кліматичної нейтральності світової економіки, концептуалізація розвитку міжнародних економічних відносин з урахуванням ко-еволюції кліматичного та цифрового мегатрендів; визначення стратегічних механізмів та можливостей диджиталізації як драйвера кліматично-нейтральної економіки, концептуальні аспекти побудови цифрового каркасу для досягнення кліматичної нейтральності світової економіки; концептуалізація сталої диджиталізації та розвиток моделі подвійного зеленого-цифрового переходу світової економіки;

– магістратури («Глобальна економіка», «Соціальна відповідальність», «Зовнішньополітичні стратегії країн світу», «Глобальні виклики та світове врядування») – концептуалізація кліматично-нейтральної економіки у глобальному вимірі соціальної відповідальності та сталого розвитку, розвиток глобальної економіки з урахуванням синергії цифрового та кліматичного мегатрендів, стратегічні аспекти інтеграції світових кліматичних та цифрових політик; стратегічні орієнтири повоєнного зеленого відновлення економіки України та міжнародних стратегій розвитку на засадах повсюдної диджиталізації та принципів кліматичної нейтральності.

– третього рівня підготовки здобувачів доктора філософії PhD («Стратегії цифрової трансформації») – принципи та орієнтири застосування глобального конструкту «диджиталізація-кліматична нейтральність» при побудові стратегій цифрової трансформації різних суб'єктів світової економіки.

Результати дисертаційного дослідження використано при підготовці підручника Глобальна економіка: становлення, трансформації, виклики // За загальною редакцією В.Кулішова. Прага. OKTAN PRINT, 2023. 500 с. DOI: 10.46489/GE23UA-01, який видано українською, англійською, польською мовами та використовується в навчальному процесі (Авторський розділ Максимової І.І. Розділ 8. Цифрова трансформація світової економіки, Протокол Вченої ради ДУЕТ № 5 від 30 листопада 2022 року).

Результати та матеріали дисертаційної роботи використовуються при підготовці та проведенні лекційних та практичних занять, підготовці курсових та кваліфікаційних робіт.

Довідка представлена до спеціалізованої вченої ради Д 58.082.01 Західноукраїнського національного університету.

Завідувач
Центру менеджменту
якості освіти

Ольга РАТЄЄВА

Директор
Інституту економіки
та бізнес-освіти

Олег ПОДКОПАЄВ

Проректор
з науково-педагогічної
та навчальної роботи

Валентин ОРЛОВ





МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ

вул. Медична 16, м. Кривий Ріг, Україна, 50005, тел. +380 97 214 88 69
 duet.edu.ua@gmail.com, duet.edu.ua
 код ЄДРПОУ 43684645

30.10.2024 № 1461-01/01

На № _____ від _____

ДОВІДКА

**про впровадження результатів дисертаційної роботи
 у навчальний процес
 в програмах підвищення кваліфікації державних службовців**

Основні положення та наукові результати дисертаційної роботи Ірини Максимової за темою «Диджиталізація як драйвер кліматичної нейтральності світової економіки», поданої на здобуття ступеня доктора економічних наук за спеціальністю 08.00.02 – Світове господарство та міжнародні економічні відносини, впроваджено у навчальний процес при реалізації програм підвищення кваліфікації державних службовців та посадових осіб місцевого самоврядування, погоджених Національним агентством України з питань державної служби (НАДС).

Дана довідка підтверджує, що результати дисертаційного дослідження впроваджено при розробці та реалізації таких діючих програм Державного університету економіки та технологій, в яких І. Максимова є укладачем:

1. Загальна короткострокова програма «Ефективне публічне управління в умовах зміни клімату та цифрової трансформації» (авторські модулі: Кліматично-нейтральна економіка як світовий орієнтир державних політик; Цифрові рішення та платформи для кліматичного управління) Погоджено з НАДС, Наказ НАДС від 27 вересня 2024 р. № 136-24). URL: <https://pdp.nacs.gov.ua/courses/efektyvne-publichne-upravlinnia-v-umovakh-zminy-klimatu-ta-tsyfrovoi-transformatsii>
2. Загальна професійна (сертифікатна) програма «Перехід до стандартів Європейського Союзу в ключових сферах публічного управління та адміністрування» (авторський модуль: Інтеграція кліматичних політик України та ЄС: нормативний, управлінський та цифровий вимір) Погоджено з НАДС, наказ НАДС від 13 червня 2023 р. № 86-23). URL: <https://pdp.nacs.gov.ua/courses/perekhid-do-standartiv-yevropeiskoho-soiuzu-v-kliuchovykh-sferakh-publichnoho-upravlinnia-ta-administruvannia>

3. Загальна короткострокова програма «Напрямки діджиталізації країни та розвиток цифрових комунікацій в публічному управлінні» (авторські модулі: Цифровий розвиток країни: економіка, суспільство, державний сектор; Сценарії цифрового розвитку України) Погоджено з НАДС, Наказ НАДС від 24 жовтня 2022 року № 102-22). URL: <https://pdp.nacs.gov.ua/courses/napriamky-didzhytalizatsii-krainy-ta-rozvytok-tsyfrovykh-komunikatsii-v-publichnomu-upravlinni>
4. Загальна професійна (сертифікатна) програма «Забезпечення післявоєнного відновлення та розвитку України» (авторський модуль: Синергія цифрової та зеленої трансформації для повоєнного економічного стрибка України) Погоджено з НАДС - Наказ НАДС від 14 червня 2024 р. № 94-24.) URL: <https://pdp.nacs.gov.ua/courses/zabezpechennia-pisliavoiennoho-vidnovlennia-ta-rozvytku-ukrainy>

Довідка представлена до спеціалізованої вченої ради Д 58.082.01 Західноукраїнського національного університету.

В.о. директорки
Інституту управління та лідерства

Катерина СЛЮСАРЕНКО

В.о. ректора
Державного університету
економіки і технологій



Андрій ШАЙКАН