

Електронний журнал «Ефективна економіка» включено до переліку наукових фахових видань України з питань економіки (Категорія «Б», Наказ Міністерства освіти і науки України № 975 від 11.07.2019). Спеціальності – 051, 071, 072, 073, 075, 076, 292. Ефективна економіка. 2024. № 3.

DOI: <http://doi.org/10.32702/2307-2105.2024.3.42>

УДК 339.9:504:004

I. I. Максимова,

к. е. н., доцент, завідувач кафедри міжнародних відносин, Державний університет економіки і технологій

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-9754-0414>

ЄВРОПЕЙСЬКИЙ РАКУРС ГАРМОНІЗАЦІЇ ЦИФРОВОЇ ТА ЗЕЛЕНОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ СВІТОВОЇ ЕКОНОМІКИ

I. Maksymova,

PhD in Economics, Associate Professor, Head of the Department of International Relations, State University of Economics and Technology

EUROPEAN PERSPECTIVE ON HARMONIZING THE GREEN AND DIGITAL TRANSITION OF THE GLOBAL ECONOMY

У статті досліджено концептуальні засади та прикладні можливості гармонізації зеленого та цифрового переходу світової економіки з точки зору досвіду Європи. Зважаючи на те, що Європейський Союз є лідером світового руху до кліматичної нейтральності, у дослідженні узагальнено підходи ЄС до інтеграції цифрових технологій у різні сфери діяльності сучасної індустрії. Фокус уваги статті зроблено на цифрових рішеннях, які сприяють зниженню карбонового сліду суб'єктів економіки та пом'якшення наслідків зміни клімату. Діджиталізація розглядається автором як драйвер

кліматичної нейтральності світової економіки, що особливо актуально в сучасних геополітичних реаліях. Робота узагальнює діючі та експериментальні цифрові рішення для забезпечення кліматичної нейтральності світової економіки. Показано, що економічна система потребує цифрові інструменти повсюдної аналітики, блокчейн, супутникові рішення, енергетичні послуги, мікро- та макромережі моніторингу та підтримки прийняття рішень. Перспективним напрямком посилення цифрового-зеленого переходу є створення цифрових двійників реально діючих індустриальних об'єктів, міст та окремих кластерів екосистем. Стаття розглядає характеристики синергії цифрового та зеленого переходу економіки, як прямий та обернений вплив, який у підсумку зміцнює обидва світові мейнстріми за певних системних умов. У якості таких умов визначено необхідність дотримання принципів сталої діджиталізації економіки. Цифрові технології мають бути спрямовані не лише на підтримку задач кліматичної нейтральності, але й самі відповідати зеленим стандартам. Вагома частина сучасної політики ЄС спрямована на реалізацію зеленого переходу для розробників технологій та власників цифрового бізнесу. У цьому контексті дослідження піднімає дискусійне питання щодо ефекту відкату світової економіки через порушення синергії цифрового-зеленого переходу. Обґрунтовано, що на сучасному етапі умовами гармонізації цифрового-зеленого переходу економіки є адаптивна цифрова стратегія, зелений курс, міжнародне співробітництво, законодавчі ініціативи та інклюзивна просвіта.

The article examines the conceptual principles and applied opportunities for harmonizing the green and digital transition of the world economy from the perspective of Europe's experience. Given that the European Union is a leader in the global movement towards climate neutrality, the study summarizes the EU's approaches to integrating digital technologies into various areas of modern industry. The article focuses on digital solutions that help reduce the carbon

footprint of economic entities and mitigate the effects of climate change. The author considers digitalization as a driver of climate neutrality of the global economy, which is especially relevant in today's geopolitical realities. The paper summarizes existing and experimental digital solutions to ensure climate neutrality of the global economy. It is shown that the economic system needs digital tools for omnipresent analytics, blockchain, satellite solutions, energy services, micro- and macro-networks for monitoring and decision support. A promising way to strengthen the digital-green transition is to create digital twins of real industrial facilities, cities, and individual ecosystem clusters. The article examines the characteristics of the synergy between the digital and green economy transition, as a direct and reverse influence that ultimately strengthens both global mainstream under certain systemic conditions. These conditions include the need to comply with the principles of sustainable digitalization of the economy. Digital technologies should be aimed not only at supporting climate neutrality, but also at meeting green standards. A significant part of the EU's current policy is directed at implementing a green transition for technology developers and digital business owners. In this context, the study raises the controversial issue of the rebound effect of the global economy due to the disruption of the synergy of the digital-green transition. It is substantiated that at the present stage, the conditions for harmonizing the digital-green transition of the economy are an adaptive digital strategy, a green course, international cooperation, legislative initiatives and inclusive education.

Ключові слова: *світова економіка, діджиталізація, кліматична нейтральність, зелений-цифровий перехід, зелена економіка, цифрові технології, синергія.*

Keywords: *global economy, digital transformation, climate neutrality, green-digital transition, green economy, digital technologies, synergy.*

Актуальність дослідження. Сучасний світовий порядок характеризується значними геополітичними змінами, що активізують формотворчі тенденції глобальної економіки. Аналіз довгострокових предикторів військової агресії російської федерації проти України виявляє їх значний вплив на критично важливі сектори, зокрема, енергетику, економіку, продовольчу та національну безпеку, оборонну спроможність, а також загальний геополітичний баланс сил. Більш того, сучасні події мають потенціал радикально змінити усталені підходи держав до реалізації амбітних цілей сталого розвитку на найближчі десятиліття. Проте, в контексті адекватної політичної відповіді, такі виклики можуть трансформуватися у драйвери, що прискорять процес досягнення визначених цілей, сприяючи зміцненню стійкості, досягненню світового лідерства та стратегічної автономії в питаннях забезпечення кліматичної нейтральності глобальних індустрій.

Гармонізація процесів цифрової та зеленої трансформації є важливою умовою досягнення кліматичної нейтральності, ґрунтуючись на всебічному аналітичному прогнозі, представленому в "Звіті про стратегічне бачення 2023" [1]. У документі проаналізовано передумови синергії між зеленим та цифровим переходами, які є пріоритетними напрямками в політичній агенді Європейського Союзу. Визнання парадигми взаємопосилення цих напрямків видається критично важливим для загального прогресу в досягненні цілей сталого розвитку. Зокрема, впровадження стратегії "Європейський зелений курс", спрямованої на досягнення кліматичної нейтральності економіки та мінімізацію еко-деградації до 2050 року, є невід'ємною частиною зеленого переходу. В той же час, цифровий перехід світової економіки є об'єктивним наслідком всеохоплюючих течій технологічного детермінізму, який нині вимагає більш ретельного підходу до світових економічних політик задля мінімізації потенційних негативних впливів та максимізації позитивного внеску діджиталізації в екологічну, соціальну та економічну стійкість. Така

доктрина прослідковується в ініціативах ЄС “Цифровий компас” та “Fit for 55”.

Відтак, сучасна Європа встановила високу планку щодо цифрового-зеленого розвитку, досягнення якої потребує пошуку механізмів гармонізації та систематизації цих потужних світових мейнстрімів. У найближчі десятиліття успішність синергії цифрової та зеленої трансформації буде залежати від здатності масштабно впроваджувати існуючі та нові технології, а також від сукупності геополітичних, соціальних, економічних та регуляторних чинників, які потребують системного дослідження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасний науковий дискурс представлено низкою міжнародних досліджень, які розглядають цифрову та зелену трансформацію у певному зв’язку. Проте умови, прикладні механізми та, що важливо, наслідки такого взаємного узгодження не представлено у контексті довгострокової перспективи забезпечення кліматичної нейтральності світової економіки.

Низка прикладних та фундаментальних наукових робіт присвячена питанню, як саме цифрові технології можуть допомогти скоротити викиди парникових газів в умовах діяльності сучасних економічних систем [2-5]. Більш того, усе більше виокремлюється науковий вектор щодо дослідження важелю діджиталізації в досягненні цілей сталого розвитку крізь призму зміни способу життя суспільства на більш екологічний та усвідомлений [6-8]. З іншого боку, аналітичні дослідження міжнародних організацій та окремих науковців акцентують увагу на напрямках зелених технологічних інновацій, які мають забезпечити конкурентоспроможність європейської індустрії в довгостроковій перспективі [9-12].

Варто зазначити, що більшість наукових напрацювань у напрямку зеленої та цифрової трансформації нині зосереджено на технічних аспектах окремих галузей економіки або на певних аспектах зеленого чи цифрового переходу. Проблематика їх синергії та гармонізації залишається відкритим питанням для наукового пошуку та дискусій.

Формулювання цілей статті. Дослідження має на меті визначення передумов та напрямків гармонізації зеленої та цифрової трансформації світової економіки на основі європейського досліду використання цифрових технологій задля досягнення кліматичної нейтральності ключових індустрій. Це передбачає аналіз точок дотику та взаємопосилення цифрової та зеленої трансформації у контексті існування синергії між ними.

Виклад основного матеріалу. Цифрові технології стають фундаментальним елементом у досягненні кліматичної нейтральності світової економіки, активно сприяючи зменшенню забруднення навколишнього середовища, декарбонізації виробничих систем та, як наслідок, відновленню глобального біорізноманіття. Європейський досвід розвитку індустрій в парадигмі подвійного зеленого-цифрового переходу відкрив широкі перспективи діджиталізації в досягненні екологічних цілей суб'єктів господарювання. Завдяки інформаційним системам повсюдної аналітики та контролю за використанням природних ресурсів, а також за допомогою значного розширення можливостей автоматизації, передові технології забезпечують збільшення продуктивності та підвищення адаптивності різноманітних систем і мережевих структур.

Використання цифрових рішень у сфері робототехніки, інтернету речей (IoT), блокчейну для енергоефективного управління даними протягом всього життєвого циклу продуктів і послуг, а також у процесах створення їх вартості, стимулює перехід до сталої економіки. Така економіка є більш циркулярною, кліматично нейтральною та конкурентоспроможною.

Враховуючи, що показник частки інтернет-користувачів є репрезентативним критерієм інтенсивності діджиталізації та маркером цифрового десятиліття ЄС, можемо простежити чітку тенденцію до зростання цього показника на тлі загального скорочення обсягів викидів та зростання частки використання відновлювальних джерел енергії (рис. 1).

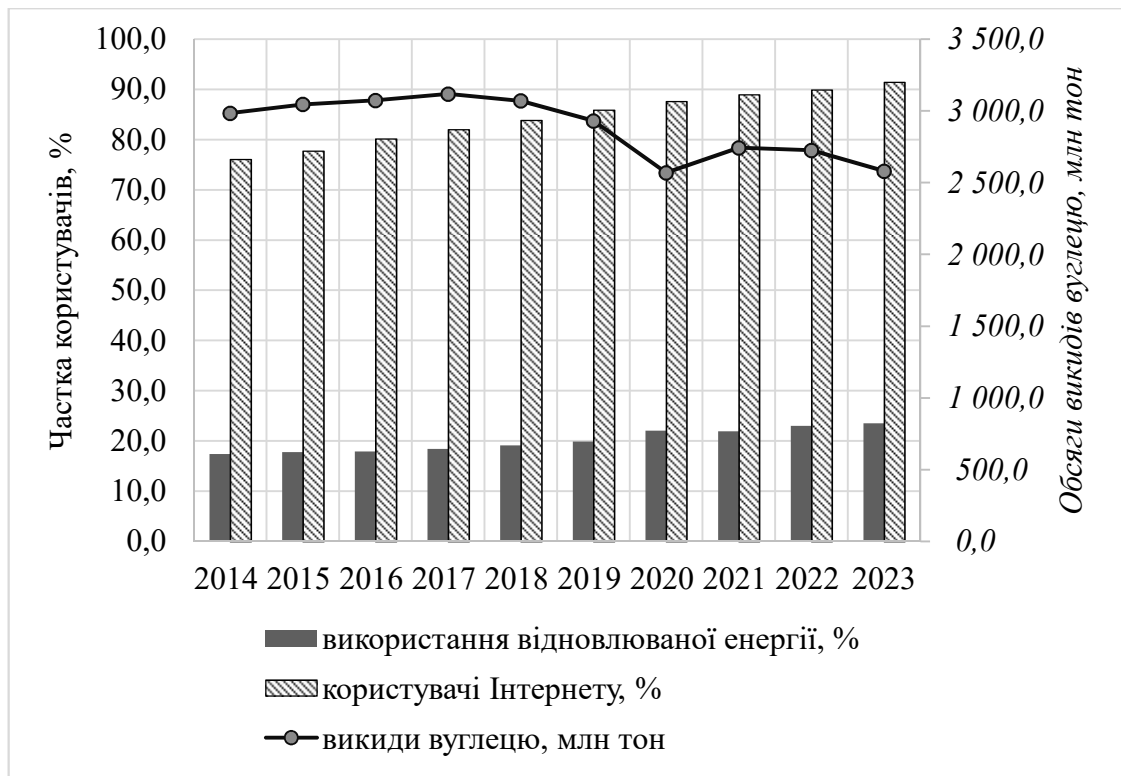


Рис. 1. Динаміка окремих показників цифрової та зеленої трансформації в ЄС

Джерело: згруповано та побудовано автором на основі відкритих даних нормалу Eurostat

Діджиталізація також істотно спрощує процедури моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів, що в свою чергу покращує систему торгівлі вуглецевими квотами. З іншого боку, впровадження цифрових паспортів для продукції забезпечує якісніше відстеження матеріалів, компонентів та виробничих процесів, зробивши інформацію більш доступною і відкриваючи шлях для розвитку ефективних бізнес-моделей із замкнутим циклом [8].

Проривним напрямом кліматично нейтральної економіки, який нині активно розвивається в ЄС, є використання цифрових двійників, які здатні суттєво сприяти інноваціям та розробці більш сталих виробничих процесів, продуктів або навіть будівельних конструкцій [1, 3, 13]. Водночас, квантові обчислення та хмарні технології відкривають нові можливості для вирішення задач, які залишаються недосяжними для класичних комп'ютерів, особливо в

контексті складних моделювань екосистем [2, 6]. Іншим важливим напрямом політики технологічного розвитку в Європі є космічні технології передачі даних, які в реальному часі забезпечують доступ до глобальної інформації, інтенсифікують процеси моніторингу досягнень у сфері сталого розвитку [9]. Це відкриває нові перспективи для кліматичного управління економікою на макрорівні.

Проте, синергія між «зеленим» та «цифровим» переходами економіки має деякі протиріччя, адже зелена трансформація не тільки виграє від сучасних рішень діджиталізації, але й безпосередньо трансформує цифровий сектор сучасної економіки. Такі важливі для світової економіки ресурси, як відновлювані джерела енергії, відновлюваний водень, ядерна енергетика, технологія ядерного синтезу, виступають важливими чинниками в контексті зростаючих енергетичних потреб цифрового сектору.

Політика, націлена на досягнення кліматичної нейтральності та підвищення енергетичної ефективності цифрових центрів обробки даних та хмарних технологій до 2030 року безпосередньо сприяє екологізації технологій блокчейну та IoT завдяки використанню сонячної або вітрової енергії для їх живлення [8]. Проте, потенційні затримки в розвитку такої зеленої інфраструктури можуть стати викликом. У цьому напрямку економічна система потребуватиме оптимального планування, розміщення та адаптації релевантних технологій. З іншого боку, стале фінансування також є вагомим фактором до залучення інвестицій у кліматично нейтральний цифровий сектор, а роль попиту, споживання та дій з боку бізнесу та громадськості щодо зниження електронних відходів є критичною для мінімізації енергоспоживання цифрових технологій [7].

Хоча обидва переходи трансформують глобальну суспільно-економічну систему, вони відрізняються за своєю природою та динамікою. Зелений перехід зумовлений необхідністю досягти цілей кліматичної нейтральності та сталості, і досягти їх швидко. Його реалізація потребує політичного та суспільного поштовху. З іншого боку, цифровий перехід - це безперервний

процес технологічних змін, одним з головних рушіїв якого є реальний сектор економіки. Відтак, важливо забезпечити гармонізацію процесів діджиталізації та зеленої трансформації на засадах інклюзивності, сталого управління та підтримки публічно-приватного партнерства.

Якщо цифрові технології не стануть більш енергоефективними, їх широке використання призведе до збільшення споживання енергії. Вже зараз на інформаційно-комунікаційні технології (ІКТ) припадає 5-9% світового споживання електроенергії та близько 3% викидів парникових газів [1]. Відсутність узгодженої системи вимірювання впливу діджиталізації на навколишнє середовище, в тому числі прогнозування можливих ефектів відскоку.

Ефект відскоку в цьому контексті описує можливу ситуацію в економіці, коли покращення енергетичної ефективності або використання ресурсів призводить до збільшення споживання цих ресурсів, а не до їх економії [13]. Це може статися через зниження вартості експлуатації або використання продуктів та послуг, що спонукає споживачів використовувати їх більше, ніж раніше. Ефект відскоку є важливим фактором при розробці та оцінці політики у сфері енергетики та клімату, оскільки він може зменшити або нівелювати екологічні та енергетичні переваги від запровадження більш ефективних технологій та практик. Дослідження показують, що енергоспоживання ІКТ продовжуватиме зростати через збільшення використання та виробництва споживчих пристроїв, попиту з боку мереж, центрів обробки даних та криптовалют. Наприклад, електричний слід ІКТ може зрости з 1988 терават-годин годин у 2020 році до 3200 у 2030 році [14]. Енергоспоживання та, відповідно, карбоновий слід також зростає через збільшення використання онлайн-платформ, пошукових систем, концепцій віртуальної реальності, таких як метаспростір, платформ для потокового відтворення музики чи відео [15]. З іншого боку, розгортання наступних поколінь мікросхем з низьким енергоспоживанням та більш ефективних технологій зв'язку (5G і 6G, мереж на основі штучного інтелекту) може

зменшити загальний вплив ІКТ на навколишнє середовище [8]. Це дозволить дещо нівелювати ефект відскоку та втримати синергію цифрової та зеленої трансформації у продуктивному руслі.

Додаткові протиріччя виникають у зв'язку з електронними відходами та впливом цифрових технологій на навколишнє середовище. Більший карбоновий слід спостерігається від електроніки, телефонів та комп'ютерного обладнання, що також прискорює глобальне виробництво електронних відходів, яке може сягнути 75 мільйонів тонн до 2030 року [16]. В ЄС наразі лише 17,4% цих відходів належним чином обробляються та переробляються, а обсяги генерації електронних відходів щороку зростають на 2,5 мільйона тонн [там само].

У цьому напрямку дуже важливою є відповідна економічна політика, адже кожен перехід на нові цифрові стандарти вимагатиме масової заміни обладнання [17]. Наприклад, використання сучасних світових стандартів 5G і 6G вимагають від середньостатистичного європейського користувача заміни обладнання, щоб повною мірою скористатися їх перевагами, оскільки більшість існуючих смартфонів, планшетів і комп'ютерів є сумісні лише з попередніми поколіннями бездротових систем. З іншого боку, прогрес у діджиталізації також може призвести до збільшення використання природних ресурсів, як-то води для охолодження окремих процесів виробництва цифрових технологій, рідкоземельних металів для акумуляторів тощо.

Зазначимо, що енергетика, транспорт, промисловість, будівництво та сільське господарство є найбільшими джерелами викидів парникових газів в країнах Європи [1]. Зменшення їх впливу на навколишнє середовище, як це також передбачено пакетом "Fit for 55", а також та посилення їхньої стійкості є критично важливими для гармонізації зеленого та цифрового переходу. Це потребує не тільки забезпечення доступності технологічного оснащення, але й адаптації економічних, кліматичних та цифрових політик ЄС. На глобальному рівні актуальність такого запиту є особливо актуальною, оскільки очікуване зростання населення із середнім рівнем доходу до 9,7

мільярдів до 2050 року потребуватиме більше продуктів харчування, промислових товарів, енергії, житла та гарантій екологічної безпеки [17].

Діджиталізація економіки дозволить забезпечити необхідне прискорення обсягів декарбонізації за рахунок скорочення викидів CO₂, що вбачається досить імовірним завдяки існуючому рівню технологічного прогресу. Проте, досягнення саме кліматичної нейтральності до 2050 року буде можливим за умов системної підтримки розвитку нових технологій, які наразі перебувають на експериментальній, демонстраційній або прототипній стадії [18]. Аналіз перспектив їх використання дозволяє окреслити складові технологічного забезпечення гармонійного зеленого та цифрового переходу світової економіки на сучасному етапі науково-технічного прогресу (табл. 1).

Таблиця 1. Ключові технології для забезпечення подвійного зеленого та цифрового переходу світової економіки

Цифрова технологія	Приклади застосування в напрямку зелених політик та кліматично-нейтрального розвитку економіки
Штучний інтелект	підтримує підключену мобільність, допомагає поліпшити управління дорожнім рухом, управління ланцюгами поствок і знизити споживання палива.
Blockchain	забезпечує більшу прозорість життєвого циклу та вартості ланцюжка продуктів, зокрема виробництва, повторного використання, переробки та утилізації акумуляторів.
Інтернет речей	допомагає стежити за станом сільськогосподарських угідь, геолокацією ресурсів тощо
Космічні послуги, супутникова навігація	забезпечують підтримку точного землеробства для зменшення використання пестицидів і збереження здоров'я рослин. здатні оптимізувати електромобілі та їхні системи зарядки, а також сприяти інтеграції відновлюваних джерел енергії та максимальному їх використанню.
Цифрові двійники	сприяють інноваціям, тестуванню та розробці більш сталих рішень, наприклад, у будівництві чи міському плануванні.
Квантові обчислення	покращують розуміння біологічних і хімічних процесів, необхідних для зменшення використання пестицидів та добрив.
Датчики	допомагають вимірювати та контролювати витрати для підвищення ефективності використання ресурсів у промисловості
Мікромережі та самоорганізовані мережі	автоматично відстежують потоки енергії та пристосовуються до змін в енергетичному попиті та пропозиції, а також погодних умов

Загалом, за умови належного управління, цифрові технології можуть форсувати досягнення кліматично нейтральної та ресурсоефективної

економіки, скорочуючи використання енергії та ресурсів у ключових секторах сучасних індустрій.

Стимулювання кліматичної нейтральності галузей за допомогою цифрових технологій є доволі перспективним напрямком. Щоб досягти кліматичної нейтральності у 2050 році, вже до 2030 року промисловість ЄС повинна буде скоротити свої викиди CO₂ на 23% порівняно з 2015 роком адже на промисловість у світі припадає близько 37% загального кінцевого споживання енергії і близько 20% викидів парникових газів [18, 19]. На чотири енергоємні галузі - сталеливарну, цементну, хімічну, целюлозно-паперову - припадає близько 70% загальних світових викидів CO₂. Вони також є найбільшими споживачами промислової енергії в ЄС.

Цифрові технології стають важливими для управління попитом і пропозицією великих промислових споживачів енергії в системі з різноманітними джерелами та сировиною [2, 6]. Основні напрямки є наступними. "Розумні" лічильники, в тому числі сублічильники, та датчики підвищують ефективність використання енергії, надаючи інформацію про її споживання в режимі реального часу та подаючи її в інструменти енергоменеджменту. Системи диспетчерського контролю, аналізу великих даних та збору даних стимулюють ефективність промислових процесів, а також обробку даних для прийняття більш розумних рішень. Цифрові двійники допомагають вдосконалити дизайн систем, протестувати нові продукти, контролювати та забезпечувати профілактичне обслуговування, оцінювати життєвий цикл продукту та обирати оптимальні матеріали. Оптимізація на основі даних вдосконалює існуючі матеріали, розробити екологічніші альтернативи та продовжити термін їхньої служби. Моніторинг і системи відстеження надають інформацію про матеріали або деталі, що використовуються у виробках, що може сприяти підвищенню циклічності завдяки кращому технічному обслуговуванню та високоякісній переробці в замкненому циклі [4]. Інтеграція виробничих, цифрових та інших передових технологій, таких як робототехніка або 3D- і 4D-друк, також відіграє важливу

роль. У цілому, впровадження цифрових рішень у промисловому секторі вимагає вищого рівня технологічної готовності та кібербезпеки для захисту даних промислових процесів і цілісності їх функціонування [20].

Зважаючи на викладене вище, гармонізація цифрової та зеленої трансформації світової економіки потребує системної інтеграції низки детермінант (рис. 2).

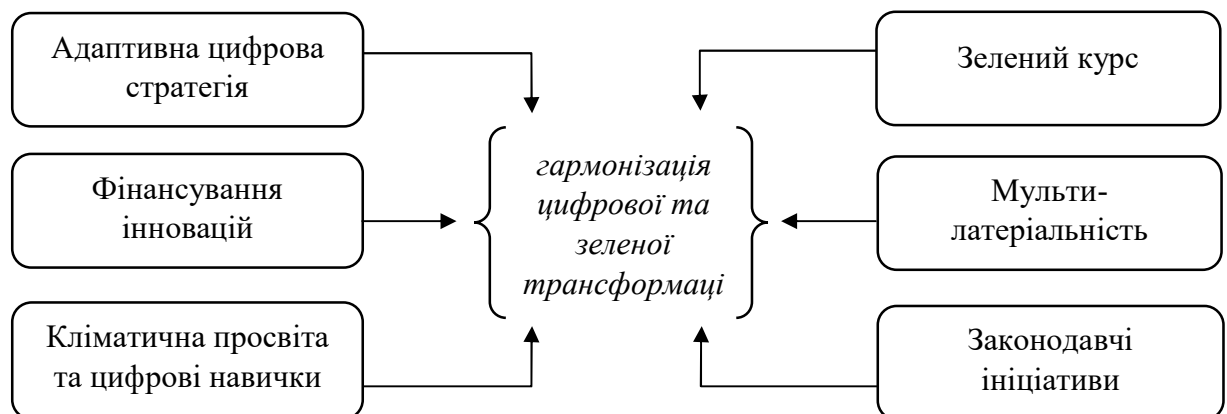


Рис. 2. Детермінанти гармонізації зеленої та цифрової трансформації світової економіки

Відтак, досягнення синергії цифрової та зеленої трансформації посилюється завдяки гармонізації цих процесів, що потребує комплексного врахування системних вимог. Важливим фактором є стратегування зеленого курсу з урахуванням цифрової парадигми сучасної економіки. Наприклад, ЄС розробляє інтегровані стратегії, які враховують як цифровізацію, так і екологічні цілі. Ці стратегії мають на меті створити "зелену" і "розумну" економіку, сприяючи енергоефективним технологіям і цифровій інклюзії. При цьому цифрові стратегії мають бути максимально адаптивними, враховуючи інтенсифікацію технологічного прогресу у сфері цифрових технологій. ЄС працює над розширенням доступу до високошвидкісного інтернету, розвитком обчислювальних потужностей та сприяє впровадженню передових технологій, таких як штучний інтелект і блокчейн, для забезпечення екологічної стійкості. З іншого боку, ефективність реалізації таких стратегій у реальному вимірі економіки залежить від законодавчого

підґрунтя, яке має охопити правові рамки щодо зелених стандартів, декарбонізації, енергоефективності та цифрової трансформації.

Безумовно, важливим фактором гармонізації зеленого-цифрового переходу є стале фінансування, яке потребує подальшої мобілізації ресурсів через такі канали, як Європейський фонд сталого розвитку, програму "Горизонт Європа" та інші, зокрема для підтримки досліджень, розробок і впровадження інновацій у сферах діджиталізації та зеленої енергетики. Невід'ємний аспект подвійного переходу полягає у розвитку цифрових навичок та просвіті з питань сталого розвитку, змін клімату та діджиталізації серед громадян і підприємств, щоб посилити людський капітал у напрямку викликів і можливостей зеленої та цифрової економіки.

У підсумку, ефективність гармонізації цифрової та зеленої трансформації потребує мультилатеральної залученості усіх міжнародних суб'єктів, адже обидва світові мейнстрімі мають глобальний та безвиключний характер впливу.

Висновки та перспективи подальших розвідок у даному напрямі.

Гармонізація цифрової та зеленої трансформації є критично важливою для досягнення кліматичної нейтральності світової економіки. Європейський Союз виступає лідером у цьому процесі, інтегруючи цифрові технології в різні сфери сучасної індустрії з метою зниження карбонового сліду та пом'якшення наслідків зміни клімату.

Діджиталізація як драйвер кліматичної нейтральності передбачає широке використання цифрових технологій повсюдної аналітики, блокчейну, супутникових рішень, енергетичних послуг, мікро- та макро-мереж для моніторингу та підтримки прийняття рішень. Створення цифрових двійників реально діючих індустріальних об'єктів, міст та кластерів екосистем виокремлюється як перспективний напрям посилення цифрово-зеленого переходу, що дозволяє інноваціям та розробці більш сталих рішень.

Детермінантами гармонізації цифрової та зеленої трансформації є адаптивні цифрові стратегії, планування зеленого курсу, кліматична просвіта

та цифрові навички, законодавчі ініціативи, стале фінансування та мільтилатеральність щодо поширення кращих практик та залучення міжнародних суб'єктів до спільного подвійного переходу.

Важливою умовою гармонізації подвійного переходу світової економіки є необхідність дотримання принципів сталої діджиталізації, де цифрові технології повинні спрямовуватися не лише на підтримку кліматичної нейтральності, але й самі відповідати зеленим стандартам. У іншому випадку, ефект відскоку економіки може нівелювати екологічні та енергетичні переваги від запровадження ефективніших технологій, що є предметом для обговорення та подальших досліджень автора в контексті гармонізації цифрового-зеленого переходу.

Література

1. Strategic foresight report 2023 / edited by EU publication office. EU, 2023. 58 p. DOI 10.2792/32296
2. Rolnick D., Donti P., Kaack L., Kochanski K., Lacoste A. Tackling Climate Change with Machine Learning. *ACM Computing Surveys*. 2022. Vol. 55. Issue 2. P. 21-96. DOI <https://doi.org/10.1145/3485128>
3. Lange S., Santarius T. *Digitalization and Sustainability*. London: Routledge, 2020. 198 p.
4. Hedberg A., Sipka S. Building a circular economy the role of information transfer: discussion paper / edited by European Policy Centre. EU, 2021. 21 p. URL <https://www.epc.eu/en/publications/Building-a-circular-economy-The-role-of-informationtransfer~43d53c> (Accessed 1.03.2024).
5. Pietrón D., Staab P., Hofmann F. Sustainable Digital Market Design: A Data-Based Approach to the Circular Economy. *ECDF Working Paper Series*. 2022. №001. P. 1-25. DOI <http://dx.doi.org/10.14279/depositonce-15014>
6. The Digital Revolution and Sustainable Development: Opportunities and Challenges. *The World in 2050: Report prepared by IIASA*. Laxenburg, 2020. 150 p. URL: <https://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/15913/> (Accessed 1.03.2024).

7. 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). P. 74-96. DOI <https://doi.org/10.3390/su12187496>
8. Frick V., Matthies E., Thogersen J., Santarius T. Do online environments promote sufficiency or overconsumption? Online advertisement and social media effects on clothing, digital devices, and air travel consumption. *Journal of Consumer Behaviour*. 2021. Vol. 20(2). P. 288–308. DOI <https://doi.org/10.1002/cb.1855>
9. Strategic Research and Innovation Agenda / edited by ECS SRIA. 2023. 11 p. URL: <https://ecssria.eu/download> (Accessed 2.03.2024).
10. MADE IN EUROPE. The manufacturing partnership in Horizon Europe: Strategic Research and Innovation Agenda / edited by EFFRA & European Commission. 2021. 98 p. URL: https://www.effra.eu/sites/default/files/made_in_europe-sria.pdf (Accessed 2.03.2024).
11. Vasilescu M. D., Dimian G. C., Gradinaru G. I. Green entrepreneurship in challenging times: a quantitative approach for European countries. *Economic research-Ekonomska istraživanja*. 2023. T. 36. №. 1. P. 1828-1847.
12. Maksymova I., Savelyev Y., Zvarych I., Kurylyak V. Global Differentiation of Climate-digital Projects in Terms of Low-carbon Economy. *IDAACS 12th International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications*. (September, 2023). Dortmund, 2023. T. 1. P. 859-864.
13. Twinning the green and digital transitions in the new geopolitical context: Strategic Foresight Report 2022 / edited by EU publication office. EU, 2022. 46 p.
14. Freitag C., Berners-Lee M., Widdicks K., Knowles B., Blair G. The real climate and transformative impact of ICT: A critique of estimates, trends, and regulations. *Information Systems (Business Informatics)*. №2. 2021. P. 46-62. DOI:[10.1016/j.patter.2021.100340](https://doi.org/10.1016/j.patter.2021.100340)
15. Metaverse - virtual world, real challenges: report / edited by Council of the European Union. 2022. P. 15. URL:

<https://www.consilium.europa.eu/media/54987/metaverse-paper-9-march-2022.pdf>
(Accessed 3.03.2024).

16. Forti V., Baldé C., Kuehr R., Bel G. The Global E-waster monitor. EU, 2020. 120 p.

17. Digital Technologies and the Green Economy: report / edited by Makers & Shapers. EU, 2020. 24 p. URL:
https://www.eitdigital.eu/fileadmin/2022/ecosystem/publications/EIT-Digital_Report_Digital-Technologies-and-the-Green-Economy.pdf (Accessed 3.03.2024).

18. World energy outlook 2021: report / edited by International Energy Agency. 2021. 160 p. URL:<https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2021>
(Accessed 3.03.2024).

19. Policy scenarios for delivering the European Green Deal: analytical notes / edited by European Commission. 2021. 21 p. URL
https://energy.ec.europa.eu/data-and-analysis/energy-modelling/policy-scenarios-delivering-european-green-deal_en (Accessed 1.03.2024).

20. Maksymova I., Kurylyak V. World industry digitization in the context of ensuring climate neutrality. *Journal of European Economy*. Vol. 21 (3). 2022. P. 343-360.

References

1. EU publication office (2023), Strategic foresight report 2023, EU. DOI 10.2792/32296

2. Rolnick, D., Donti, P., Kaack, L., Kochanski, K. & Lacoste, A. (2022), “Tackling Climate Change with Machine Learning”, *ACM Computing Surveys*, Vol. 55, Issue 2, pp. 21-96. DOI <https://doi.org/10.1145/3485128>

3. Lange, S. & Santarius T. (2021), *Digitalization and Sustainability*, Routledge, London, UK.

4. Hedberg, A. & Sipka S. (2021), “Building a circular economy the role of information transfer”, EU, Available at <https://www.epc.eu/en/publications/Building-a-circular-economy-The-role-of-informationtransfer~43d53c> (Accessed 1.03.2024).

5. Pietrón, D., Staab, P. & Hofmann F. (2022), “Sustainable Digital Market Design: A Data-Based Approach to the Circular Economy”, *ECDF Working Paper Series*, vol. 001, pp. 1-25. DOI <http://dx.doi.org/10.14279/depositonce-15014>
6. IIASA (2020), “The Digital Revolution and Sustainable Development: Opportunities and Challenges”, *The World in 2050*, Laxenburg, Available at <https://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/15913/> (Accessed 1.03.2024).
7. Santarius, T., Pohl, J. & Lange, S. (2020), “Digitalization and the Decoupling Debate: Can ICT Help to Reduce Environmental Impacts While the Economy Keeps Growing?”, *Sustainability*, Vol.12(18), pp. 74-96. DOI <https://doi.org/10.3390/su12187496>
8. Frick, V., Matthies, E., Thogersen, J. & Santarius T. (2021), “Do online environments promote sufficiency or overconsumption? Online advertisement and social media effects on clothing, digital devices, and air travel consumption”, *Journal of Consumer Behaviour*, Vol. 20(2), pp. 288–308. DOI <https://doi.org/10.1002/cb.1855>
9. ECS SRIA (2023), “Strategic Research and Innovation Agenda”, Available at <https://ecssria.eu/download> (Accessed 2.03.2024).
10. EFFRA & European Commission (2021), “MADE IN EUROPE. The manufacturing partnership in Horizon Europe”, EU, Available at https://www.effra.eu/sites/default/files/made_in_europe-sria.pdf (Accessed 2.03.2024).
11. Vasilescu, M., Dimian, G. & Gradinaru, G. (2023), “Green entrepreneurship in challenging times: a quantitative approach for European countries”, *Economic research-Ekonomska istraživanja*, vol. 36, no 1, pp. 1828-1847.
12. Maksymova, I., Savelyev, Y., Zvarych, I. & Kurylyak V. (2023), “Global Differentiation of Climate-digital Projects in Terms of Low-carbon Economy”, *IDAACS 12th International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications*. (September, 2023), Dortmund, vol. 1, pp. 859-864.

13. EU publication office (2022), *Twinning the green and digital transitions in the new geopolitical context: Strategic Foresight Report 2022*, EU.
14. Freitag, C., Berners-Lee, M., Widdicks, K., Knowles, B. & Blair G. (2021), “The real climate and transformative impact of ICT: A critique of estimates, trends, and regulations”, *Information Systems (Business Informatics)*, vol. 2, pp. 46-62. DOI:[10.1016/j.patter.2021.100340](https://doi.org/10.1016/j.patter.2021.100340)
15. Council of the European Union (2022), “Metaverse - virtual world, real challenges”, EU, Available at <https://www.consilium.europa.eu/media/54987/metaverse-paper-9-march-2022.pdf> (Accessed 3.03.2024).
16. Forti, V., Baldé, C., Kuehr, R. & Bel G. (2020), *The Global E-waster monitor*, EU.
17. Makers & Shapers (2020), “Digital Technologies and the Green Economy”, EU, Available at https://www.eitdigital.eu/fileadmin/2022/ecosystem/publications/EIT-Digital_Report_Digital-Technologies-and-the-Green-Economy.pdf (Accessed 3.03.2024).
18. International Energy Agency (2021), “World energy outlook 2021”, Available at <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2021> (Accessed 3.03.2024).
19. European Commission (2021), “Policy scenarios for delivering the European Green Deal”, Available at https://energy.ec.europa.eu/data-and-analysis/energy-modelling/policy-scenarios-delivering-european-green-deal_en (Accessed 1.03.2024).
20. Maksymova, I. & Kurylyak, V. (2022), “World industry digitization in the context of ensuring climate neutrality”, *Journal of European Economy*, Vol. 21 (3), pp. 343-360.

Стаття надійшла до редакції 15.03.2024 р.