



Макроекономіка

Ірина МАКСИМОВА,
Віталіна КУРИЛЯК

**ДІДЖИТАЛІЗАЦІЯ СВІТОВОЇ ІНДУСТРІЇ
У КОНТЕКСТІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
КЛІМАТИЧНОЇ НЕЙТРАЛЬНОСТІ**

Резюме

Досліджено зв'язок між діджиталізацією та кліматичною нейтральністю економіки, які є мейнстрімом сучасного світу. Проаналізовано світові програми розвитку в напрямку вирішення кліматичних проблем та цифрової трансформації індустрії. Розглянуто стратегічні напрямки досягнення кліматичної нейтральності економіки відповідно до Стратегії ЄС 2050, яка спрямована на зменшення парникового ефекту та викидів CO₂. Виконано зіставний аналіз обсягів парникових викидів різними країнами світу газів у співвідношенні до ВВП, який генерує економіка цих країн. Визначено критичну межу викидів парникових газів на 1 млн дол. ВВП країни, яка є індикатором необхідності впровадження екологічно орієнтованих заходів. На основі досвіду держав-важковаговиків сучасної індустрії (США, Китай, Німеччина та ін.) показано, що сучасна економічна система має потенціал до досягнення кліматичної нейтральності, впроваджуючи інноваційні практики та цифрові інструменти. Спроможність до такого впровадження оцінено на основі показника глобальної цифрової конкурентоспроможності, який показав загальну технологічну

© Ірина Максимова, Віталіна Куриляк, 2022.

Максимова Ірина, PhD, доцент, кафедра міжнародної економіки, Державний університет економіки та технологій, м. Кривий Ріг, Україна. ORCID: 0000-0001-9754-0414 Email: maksimova_ii@kneu.dp.ua
Куриляк Віталіна, докт. екон. наук, професор, кафедра міжнародної економіки, Західноукраїнський національний університет, Тернопіль, Україна. ORCID: 0000-0002-3566-7900 Email: v.kuryliak@wunu.edu.ua

готовність більшості країн до діджиталізації. На прикладі України визначено перелік завдань та проекти цифрової трансформації у сфері кліматичних проблем та захисту навколишнього середовища. Синергійна реалізація цифрових та екологічних ініціатив у найближчому майбутньому сприятиме сталій відбудові вітчизняної індустрії.

Ключові слова

Діджиталізація, кліматична нейтральність, світова індустрія, Індустрія 4.0, індекс цифрової конкурентоспроможності, сталий розвиток, стратегія ЄС.

Класифікація за JEL: F29, O14, O57.

3 рисунки, 30 джерел літератури.

Постановка проблеми та огляд літератури

За останні десятиліття діджиталізація стала потужним світовим мейнстрімом, який захопив практично усі галузі світової системи господарювання та швидко трансформував інформаційно-комунікаційні процеси суспільного життя людей. Однак, якщо у соціальній сфері посилення цифрових тенденцій здебільшого пов'язане із загальним зростанням лояльності суспільства до «digital», то у сфері виробництва така трансформація обумовлена численними «цифровими дивідендами» для бізнесу. На думку аналітиків Світового банку, що виражена в однойменній доповіді, до безумовних переваг діджиталізації світової індустрії передусім належать: зростання продуктивності праці та конкурентоздатності підприємств як на локальних ринках, так і на міжнародній арені; скорочення поточних виробничих витрат; створення принципово нових продуктів та нових робочих місць; задоволення ширшого кола потреб споживачів у різних ринкових сегментах (World Bank Group, 2016). Проте «технологія» у широкому сенсі має служити вищим потребам людської спільноти, а тому можливості цифрової трансформації мають роз-

глядатися також у площині вирішення кліматичних проблем та забезпечення сталого розвитку, особливо з огляду на значні негативні екологічні наслідки індустріальної експансії. У цьому контексті діджиталізація потребує від світової спільноти визначення пріоритетів політичних та інституційних реформ, створення цифрових механізмів, що стає дедалі більш актуальним завданням, особливо для країн, що вже стикнулися з вагомими кліматичними змінами (Hanna, 2020).

Діджиталізацію розглядають як креативну силу забезпечення сталого розвитку планети, що забезпечує високу іноваційність тріади «екологія – економіка – соціальна сфера» через стимулювання новаторської діяльності, розвиток людського капіталу, підтримку високотехнологічних секторів економіки та підвищення енергоефективності (Косович, 2021).

На синергії між діджиталізацією та екологізацією наголошують розробники національних стратегій та політик цифрової трансформації індустрії в різних країнах світу. За останнє десятиліття такими прикладами є:

1. Національний стратегічний план США з розвитку розумного виробництва (Interagency working group on Advanced Manufacturing, 2012);
2. Британський форсайт-проект майбутнього індустрії (More et al., 2013), який нині покладено в основу розробки національної стратегії кліматично-нейтрального суспільства;
3. План Німеччини з розвитку Індустрії 4.0 (Kagermann et al., 2013);
4. Китайська програма діджиталізації «Зроблено в Китаї 2025» (Li, 2018);
5. Цифровий компас ЄС 2030, представлений Європейською Комісією із закликом до реалізації «цифрового десятиліття» в Європі (European Commission, 2021) та ін.

У зазначених документах основний фокус зосереджено на вирішенні проблемних питань цифрової трансформації індустрії у контексті впровадження технологій розумного виробництва. Відтак, діджиталізація має діяти на користь людей, зокрема допомагаючи досягненню кліматичної стабільності економіки.

Світове наукове товариство та представники міжнародних організацій все частіше закликають до узгодженого розвитку цифрових можливостей та екологічних ініціатив. Наприклад, у змістовному докладі представників Німецької консультативної ради з глобальних змін зазначено, що світова політика діджиталізації має формуватися таким чином, щоб стати важелем і підтримкою масштабної трансформації світу у напрямку сталого розвитку та вирішення кліматичних проблем (German Advisory Council on Global Change, 2019).

Базуючись на попередніх стратегіях Європейського Союзу, зокрема політиці «Європейського Зеленого Курсу», було окреслено стратегічний вектор

розвитку економіки ЄС у напрямку досягнення кліматичної нейтральності. Так, презентуючи Нову індустріальну стратегію Європи до 2050 року, її розробники зазначили, що «Європа розпочинає перехід до кліматичної нейтральності та цифрового лідерства... такий подвійний екологічний і цифровий перехід вплине на кожну частину економіки, суспільства та промисловості» (Brouwer & Bergkamp, 2021). Реалізація подібних стратегій потребуватиме нових технологій, інновацій та інвестиційних механізмів, адже сприятиме створенню нових продуктів, трансформації бізнес-моделей та ринків (Paoli & Geoffron, 2021).

Ще одне важливе завдання – гармонізація політик та стандартів регулювання процесів переходу до кліматично нейтральної економіки ЄС разом з іншими країнами-учасницями енергетичного ринку (Пімоненко, 2021).

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

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Незважаючи на безумовну важливість кліматичних питань та екологічних наслідків індустріальної діяльності людини, проблематика застосування інструментів діджиталізації у контексті кліматичної нейтральності розкрита оглядово. У сучасній науковій публіцистиці можна виокремити два ракурси висвітлення цієї проблеми.

Перший полягає у дослідженні екологічних наслідків індустріальної експансії крізь призму сталого розвитку. Зокрема, варто виокремити наукові праці М. Велдена (van der Velden, 2018); К. Генша, І. Гелберга (Gensch et al., 2017); С. Канкеля, Д. Тіфельда (Kunkel & Tyfield, 2021); Б. Косовича (2021); А. Ніньєроли (Niñerola et al., 2020); Л. Фільхо, П. Янга (Filho et al., 2022) та ін. Аналіз наукових праць показав, що питання клімату розглядаються з-поміж інших глобальних цілей, а діджиталізацію вбачають як світовий тренд, який необхідно брати до уваги в процесі врегулювання питань навколишнього середовища. Зміна клімату згадується найчастіше серед проблем сталого розвитку людства, зокрема її вирішенню присвячено ЦСР № 13 «Вжити невідкладних заходів для боротьби зі зміною клімату». Проте науковці вказують на відсутність дорожніх карт досягнення цієї цілі за окремими видами господарської діяльності країн світу, а також на відсутність критеріїв оцінювання «допустимих меж» кліматичного впливу для світової індустрії.

Другий фокус наукової думки зосереджено на питаннях формування «розумної» та «зеленої» індустрії, загальних напрямках діджиталізації економіки. Так, науковці розглядають діджиталізацію як незворотну стадію трансформації світової індустрії, а кліматичні наслідки пропонують брати до уваги як окремі критерії для вибору моделей діджиталізації виробництва. Ці питання порушено в працях О. Борисяк, Н. Іванечко (2021); О. Гальцової, О. Трохімець (2021); Н. Датч-Брауна, Ф. Розетті (Duch-Brown & Rossetti, 2020); Х. Кагермана, В. Вахльстера (Kagermann et al., 2013); К. Марзі (Murthy et al., 2021); Д. Меснера (German Advisory Council on Global Change, 2019); Н. Ханни (Hanna, 2020) та ін.

У результаті загального аналізу джерел виявлено, що немає «семантичного містка» щодо розуміння ролі діджиталізації в подоланні кліматичних наслідків та їх попередженні шляхом забезпечення кліматичної нейтральності світової індустрії. Варто згадати дослідження колективу німецьких науковців (Pauliuk et al., 2022), яке показало, що, незважаючи на загальні прокламації щодо необхідності нероздільного розвитку цифрових технологій та кліматичних ініціатив, на теперішній час існує поняттєвий та категоріальний розрив у розумінні можливостей діджиталізації та її інструментів у напрямку вирішення завдань кліматичної нейтральності.

Мета дослідження – визначення передумов синергійного розвитку процесів діджиталізації та екологізації світової індустрії у напрямку досягнення її кліматичної нейтральності.

Методологія

Для досягнення мети необхідно об'єднати якісний та кількісний підходи. Так, на першому етапі проведено емпіричне дослідження особливостей процесів діджиталізації індустрії як світового тренду та її можливостей щодо вирішення кліматичних проблем. Проблемним питанням було визначення логічного взаємозв'язку світової індустрії як об'єкта дослідження, кліматичної нейтральності як стратегічного критерію її розвитку, а також діджиталізації як інструмента досягнення кліматичної нейтральності індустрії. Таким чином, якісний аналіз було сфокусовано на сучасних трендах цифрової трансформації індустрії у напрямку вирішення екологічних проблем. Водночас теоретично узагальнено сучасні наукові викладки щодо концепції кліматичної нейтральності економіки, систематизовано стратегічні напрямки її досягнення на основі нормативних документів ЄС, ООН та окремих країн, які мають відповідні програми.

На другому етапі висунуто гіпотезу про різний характер залежності між обсягом парникових газів як тригером кліматичних змін та ВВП країни як ре-

зультатом її індустріальної діяльності. Попередня вибірка країн охопила різні країни: країни-лідери світового виробництва (США, Китай, Німеччина, Великобританія); країни, які є лідерами індустріального виробництва за певним напрямком промисловості, мають значні поклади паливно-енергетичних ресурсів, проте займають посередні та середні позиції в рейтингу (Україна, Узбекистан, Іран, ОАЕ, Австралія, Канада). Зроблено припущення, що країни з цих груп найбільше впливають на навколишнє середовище внаслідок активної індустріальної експансії наявних ресурсів. Також до вибірки додано країни-лідери ЄС за соціально-економічними показниками, які наразі активно просувають ідею «чистої» індустрії (Данія, Люксембург). Ідея такого групування країн для аналізу полягала у перевірці релевантності припущень та визначенні подальшого вектора дослідження. Як критерій було обрано показник – обсяг викидів парникових газів щодо ВВП країни. Зазначимо, що запропонований кількісний підхід використано для загального окреслення проблематики та обґрунтування доцільності подальших ґрунтовних досліджень у напрямку підтвердження визначеної гіпотези. З іншого боку, встановлення тенденції у формуванні екологічного навантаження різними країнами логічно потребує формування механізму вирішення проблеми кліматичної нейтральності світової індустрії. Відтак, розглядаючи діджиталізацію як інструмент досягнення кліматичної нейтральності, для обраних країн досліджено показник глобальної цифрової конкурентоспроможності. Це дало змогу проілюструвати розрив у рівні готовності країн світу до самостійної цифрової трансформації індустрії.

Основні результати дослідження

Діджиталізація світової індустрії передбачає широке впровадження інформаційних технологій та комп'ютерних систем на кшталт автоматизованого проектування, комп'ютерного моделювання, промислового інтернету речей, аналітики великих даних та ін. Зазначені цифрові технології настільки розвинулись за останні роки, що сформували відокремлений ринок цифрової індустрії, який нині демонструє стрімке зростання. Очікується, що за найближчі 8-10 років капіталізація світового ринку діджиталізованого виробництва зросте щонайменше у п'ять разів з 276,5 млрд дол. до 1,37 трлн дол. у 2030 р. (Murthy et al., 2021). Найбільше зростання простежується у секторах індустріального машинобудування, автоматики та електроніки, необхідних для реалізації виробничого циклу в багатьох індустріях. З одного боку, таке зростання обумовлене широким впровадженням результатів технологічного прогресу у масове виробництво, а з іншого – потужними можливостями, які відкриває діджиталізація для власників міжнародних компаній. Вони лежать у площині оптимізації виробничих процесів, зростання якості продукції, збільшення продуктивності за одночасного скорочення виробничих витрат, комунікаційної взаємодії зі споживачами у світі.

Закономірно припустити, що саме такі техніко-економічні ефекти від цифрової трансформації викликають найбільшу зацікавленість міжнародних гравців. Однак в останні роки все більше відчутна тенденція до зміщення фокусу міжнародної уваги з матеріальних потреб до соціально значущих цілей. У міру поширення концепцій екомислення, створення кліматичних хабів та еколабораторій, впровадження практик соціально свідомого ведення бізнесу, зокрема реалізації стратегій ООН щодо досягнення цілей сталого розвитку 2030, зростає увага до ролі технологій у цьому процесі.

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

Ця проблематика особливо актуальна для світової індустрії, яка є одним із найбільш вагомих факторів впливу на кліматичне середовище. Особливістю діджиталізації саме індустріальної сфери є те, що основний фокус проєктів цифровізації спрямовано саме на оптимізацію складних виробничих процесів компанії, а не на формування клієнтського досвіду, як, наприклад, у сфері електронної комерції. Так, 55% усіх пропозицій вендорів у сфері інтернету речей припадає на сектор промислового виробництва та будівництва розумних міст, 21% – енергетики і 14% – торгівлі та обслуговування відносин з клієнтами (UNCTAD, 2021). Менше 9% належить до «інших» проєктів, які охоплюють цифрові проєкти боротьби з кліматичними змінами та екологічними наслідками. Проте вони діють більш локально і не характеризуються масовістю.

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

Саме кліматична нейтральність економіки – це провідна мета модернізації системи господарювання в Європі. Крім того, все більше науковців, політиків та суспільних діячів наголошують на тому, що конкурентоздатність країни на світовій арені та її добробут не має вимірюватися економічно орієнтованими показниками. Нині успішність країни потрібно розглядати у фактатері її прагнення до досягнення кліматичної нейтральності економіки.

Цю тезу підтверджує доповідь комісара Європейської комісії з питань клімату та енергетики Мігуеля Кан'єте та її тодішнього очільника Жана-Клода Юнкера. Презентуючи першу у світі стратегію кліматично нейтральної економіки до 2050 р. для Європейського Союзу, спікери зазначили що «саме забезпечення кліматичної нейтральності необхідне, можливе та викликає не-

абиякий інтерес у ЄС, який є ключовим регіоном світу» (Delbeke & Vis, 2019). Зазначимо, що розробці стратегії сприяло підписання державами-членами ЄС Паризької угоди ще у 2015 р. Відповідно за п'ять років було сформовано унікальні нормативні документи, зокрема такі: «Довгострокова екологічна стратегія 2050», «Дорожня карта кліматичної нейтральності ЄС до 2050 року» та перший у світі «Європейський Кліматичний закон».

Згідно з цими документами, кліматично нейтральна економіка – це економіка з нульовим викидом парникових газів. Саме така ідея щодо максимальної нейтралізації парникового ефекту та викидів CO₂ проходить червоною лінією у Європейському Зеленому Курсі. Однак таке просте та очевидне, на перший погляд, визначення має складну природу. Формування кліматично-нейтральної економіки передбачає дослідження технологічних, інституційних та фінансових механізмів забезпечення кліматичної нейтральності в усіх ключових секторах економіки, зокрема в промисловості, енергетиці, транспорті та сільському господарстві.

Нині стратегія забезпечення кліматично нейтральної економіки ЄС базується на семи ключових складових (рис. 1).

Рисунок 1

Стратегічні напрямки досягнення кліматичної нейтральності економіки ЄС



Джерело: сформовано автором на основі дослідження (European Commission, 2021; Brouwer & Bergkamp, 2021).

У сучасних умовах цифрові технології суттєво допоможуть реалізувати окреслені стратегічні напрямки. Зазначимо, що в контексті індустріального розвитку планети найбільший потенціал діджиталізації вбачається саме у напрямку досягнення кліматичної нейтральності шляхом зменшення наслідків парникового ефекту, зокрема через нейтралізацію вуглецевих викидів. Ідея щодо Досягнення саме «нульового рівня» викидів CO₂ має доволі утопічний вигляд з огляду на масштаби та кліматичну агресивність сучасної індустрії. Проте розвиток усіх шести складових Стратегії кліматичної нейтральності ЄС дасть змогу значно скоротити обсяги викидів та сприяти їх поступовій абсорбції з довкілля. Як зазначає голова Єврокомісії Урсула фон дер Ляйен, «якщо сьогодні компанія неспроможна здійснити заходи трансформації задля досягнення кліматичної нейтральності безпосередньо в своєму секторі, то вона все одно повинна сприяти їх зниженню, приймаючи участь в інших проєктах, де тільки може».

Нині обсяги парникових газів, які формують економіки окремих країн світу, значно варіюють (рис. 2).

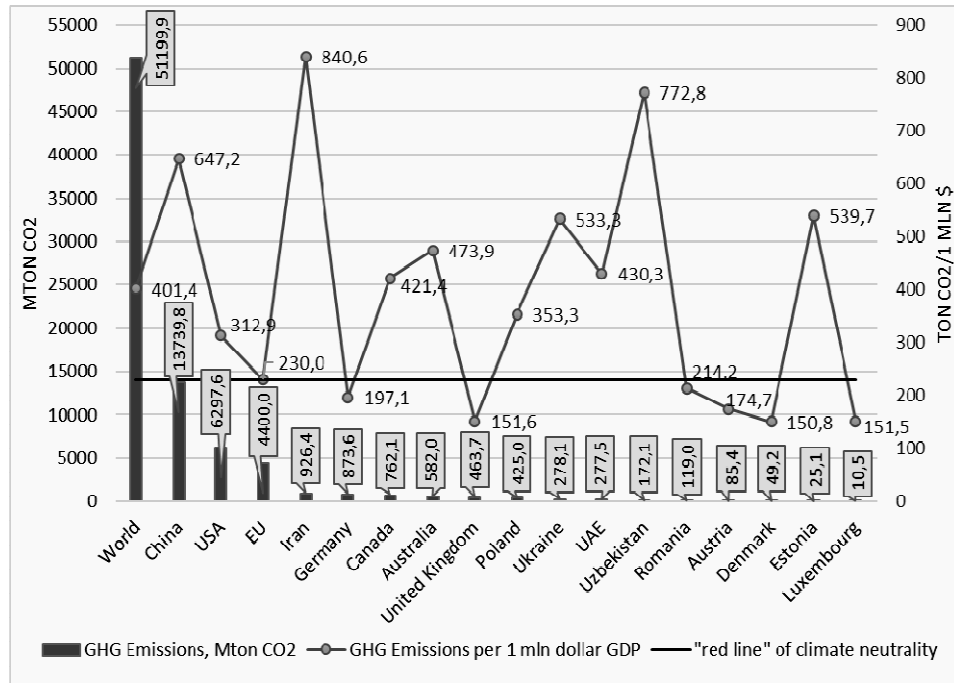
Як бачимо, найбільшими забрудниками планети в контексті зміни клімату через викиди CO₂ є Китай, економіка якого формує до 26,8% світових викидів парникових газів, США (12,3%) та країни ЄС, які разом продукують 8,5% світового парникового ефекту.

Проведене дослідження дало змогу дійти важливого висновку, що на сьогодні обсяг валового внутрішнього продукту, який виробляє деяка країна, не обов'язково корелює з обсягом викидів CO₂. До цього часу була поширена думка, що саме індустріальна діяльність країни, спрямована на виробництво валового продукту у секторах енергетики, промисловості, сільського господарства та туризму, є провідним негативним чинником впливу на кліматичні зміни (Niñerola et al., 2020; Krishna & Srikanth, 2021). Однак, як показано графічно на рис. 2, наразі існують очевидні розриви між загальним рівнем викидів та їх обсягом щодо ВВП країни. Це доволі важливий аспект для визначення економічної парадигми кліматичної нейтральності.

По-перше, закономірно припустити, що чим менший рівень викидів CO₂ припадає на формування ВВП країни, тим більш кліматично нейтральна її економіка. З огляду на те, що Стратегія кліматичної нейтральності ЄС до 2050 р. реалізовувалася з 2018–2019 р., то середній рівень викидів CO₂ в ЄС станом на ці роки (230 т CO₂ на 1 млн ВВП) можна прийняти за «критичний рівень» або своєрідну «red line» кліматичної нейтральності економіки ЄС та орієнтир для інших країн світу. Відповідно, країни, які перетнули цю межу, насамперед мають звернути увагу на необхідність активного впровадження програм екологізації економіки. Виявлена тенденція обумовлює доцільність визначення меж коливання встановленої «red line» кліматичної нейтральності для індустрій різних груп країн із застосуванням математичного моделювання, що є напрямком подальших досліджень автора.

Рисунок 2

Викиди парникових газів щодо ВВП деяких країн світу (станом на 2019 р.)



Джерело: побудовано автором на основі відкритих статичних реєстрів [statista.com](https://www.statista.com), [worldbank.org](https://www.worldbank.org).

По-друге, тенденція до «кліматично агресивної» економіки простежується в багатьох країнах-лідерах світового виробництва та країнах, багатих на паливно-енергетичні ресурси. Наприклад, США, які є безумовними світовими лідерами за обсягом валового внутрішнього продукту, показують завищений за мірками ЄС рівень викидів парникових газів – 312,9 т CO₂ на кожен млн дол. ВВП. В Китаї ще більш загострена ситуація. Економіка Китаю, яка нерідко порівнюється з «великою фабрикою», є другою за обсягом світового ВВП після США та ще більш кліматично агресивною – створення кожного 1 млн дол. ВВП супроводжується викидами понад 630 т CO₂, що майже втричі перевищує середній рівень країн ЄС. Подібна негативна ситуація простежується в деяких країнах-членах ЄС, а також Ірані, Австралії, Канаді, Узбекистані, ОАЕ та Україні (рис. 2). Важливо акцентувати увагу на прикладі Естонії. Незважаючи на те, що рівень викидів у країні один з найменших у ЄС, кожен

млн дол. ВВП Естонії супроводжується 550 т викидів парникових газів, що майже вдвічі перевищує «червону лінію» по ЄС та свідчить про кліматично виснажливу господарську діяльність держави, хоча країна не спеціалізується на важких індустріях.

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

По-третє, обсяг вуглецевих викидів у кожній країні обумовлюється напрямками розвитку національної економіки, її спеціалізацією. Для підтвердження цієї тези доцільно навести таку статистику. Найбільшими джерелами формування парникового ефекту в країні через викиди CO₂ можуть бути: транспорт, виробництво електроенергії, індустріальне виробництво, викиди внаслідок споживання паливно-енергетичних ресурсів, викиди від споживання ресурсів домогосподарствами. Зазвичай у кожній країні переважає один з цих факторів, але також вони можуть діяти сукупно, формуючи індивідуальну карту чинників накопичення CO₂ (Maris & Flouros, 2021). Так, у Китаї до 70% усіх викидів вуглецю обумовлені інтенсивним споживанням твердих паливно-енергетичних ресурсів індустріями. Такий самий чинник актуальний для України (52%). Водночас у Люксембурзі до 68% CO₂ обумовлені діяльністю саме транспортної системи країни. Подібна ситуація характерна для країн Південної Америки. До 80% викидів CO₂ Естонії спричинені внаслідок виробництва електроенергії. На противагу попереднім виробничим причинам, в Узбекистані, Вірменії та Швейцарії до 33% викидів CO₂ формується внаслідок діяльності домогосподарств (приватні та комерційні житлові споруди, громадські послуги).

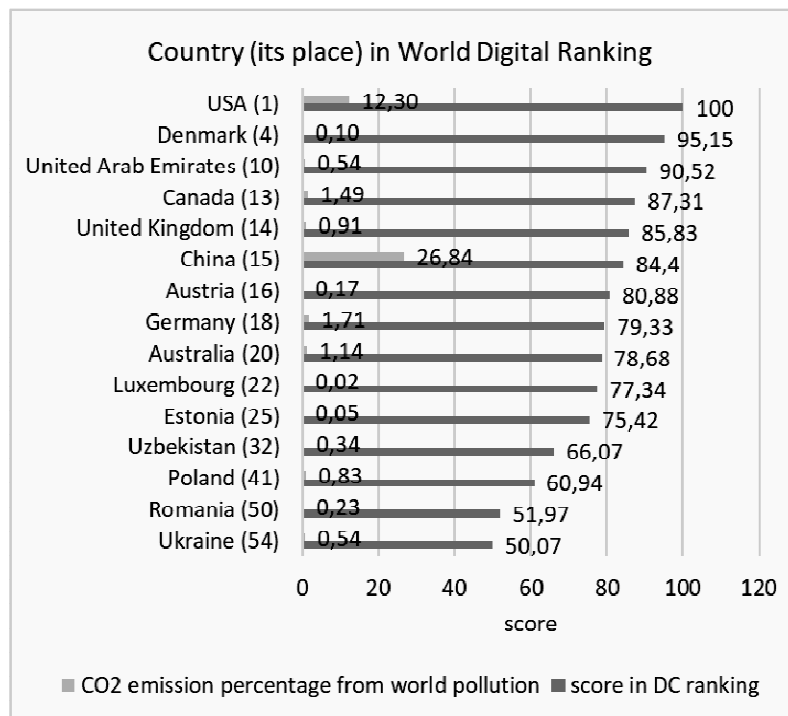
З огляду на окреслені спостереження, ми доходимо висновку, що «кліматична нейтральність» чи навпаки «кліматична деструктивність» обумовлюються не стільки кількісною складовою виробництва, скільки якісною, а також прагненням до таких змін. Тобто в сучасних умовах досягнення кліматичної нейтральності можливе не скільки шляхом скорочення обсягів екологічно шкідливого виробництва в країні, скільки його поступовою трансформацією.

У цьому напрямку саме діджиталізація має бути дієвим інструментом такої трансформації для досягнення кліматичної нейтральності економіки. Потенціал до цифрової трансформації індустріальної сфери можна оцінити за допомогою показника цифрової конкурентоспроможності. Цей показник

представлено Інститутом дослідження глобальної конкурентоспроможності IMD для 65 країн світу (IMD World Competitiveness Center, 2021). Його розрахунок базується на складній системі з 52х критеріїв, які досліджуються за напрямками: знання та наукові дослідження, технологічна оцінка, гнучкість та адаптивність до майбутнього. Дослідження показника цифрової конкурентоспроможності світу для деяких країн світу наведено на діаграмі (рис. 3).

Рисунок 3

**Цифрова конкурентоспроможність країн у світовому рейтингу
(станом на 2021 р.)**



Джерело: побудовано автором на основі статистики IMD World Competitiveness Center (2021).

У більше 25-ти країнах світу високі показники цифрової конкурентоспроможності економік (більше 75 балів), що говорить про доволі ґрунтовний потенціал до цифрової трансформації національних індустрій. Цікаво, що країни, як на теперішній час, є найбільшими забрудниками планети за кількістю викидів, мають сприятливе цифрове середовище для реалізації проектів діджиталізації у сфері кліматичної нейтральності. Проте багатьом країнам, в т. ч. Україні, потрібна буде зовнішня технологічна та інвестиційна підтримка у цьому напрямку.

Зазначимо, що цифрові проекти у сфері кліматичної нейтральності наразі розглядаються на державному рівні в багатьох країнах світу. Так, в Україні «План цифрової трансформації держави» охоплює 94 загальні проекти діджиталізації, які презентувало Міністерство цифрової трансформації України у 2021 р. Серед них можна виокремити 12 окремих проектів діджиталізації саме у сфері природокористування та екологічної стійкості, які розроблено на засадах інтеграції міжнародного досвіду та представлено спільно з Міністерством захисту довкілля та природних ресурсів України. Серед них такі проекти цифровізації (МЦТУ, 2021):

- Проект державного нагляду у сфері охорони навколишнього природного середовища (е-Контроль);
- Проект раціонального використання надр (е-Надрокористування);
- Проект загального моніторингу довкілля (е-Довкілля);
- Проект оцінювання впливу на довкілля (е-ОВД);
- Проект контролінгу та охорони атмосферного повітря (е-Повітря);
- Проект стратегічної екологічної оцінки (е-СЕО);
- Проект поводження з пестицидами та агрохімікатами (е-Пестициди);
- Проект моніторингу біологічного і ландшафтного різноманіття (е-ПЗФ);
- Проект водного господарства (е-Вода);
- Проект лісового господарства (е-Ліс);
- Проект рибного господарства (е-Рибалка);
- Проект поводження з відходами (е-Відходи).

Зазначені проекти спрямовано на діджиталізацію ключових процесів моніторингу та контролю кліматичних змін, обумовлених господарською діяльністю людини. Незважаючи на те, що проекти діджиталізації розроблено на хвилі оздоровлення економіки після світової пандемії COVID-19, зараз їх можна використовувати у синергії з програмами сталого відновлення індустрії в контексті післявоєнної відбудови України. З цією метою доцільно вирішити проблемні питання вже на поточному етапі:

- Узагальнити інформаційні потоки щодо кліматичної ситуації, які нині генеруються різними суб'єктами господарської діяльності (державні установи у сфері охорони довкілля, бізнес, громадські організації);
- Розробити електронну систему екологічного контролю з автоматизованим сповіщенням учасників про перевищення індикаторів забруднення в окремих регіонах країни через діяльність важковаговиків вітчизняної індустрії;
- Розробити механізм інтеграції цифрових технологій з метою вирішення завдань кліматичної нейтральності економіки, зокрема діджиталізації процесів екологічно деструктивного впливу індустрії на навколишнє середовище.

У сфері зеленої енергетики важливим завданням є створення цифрових комунікаційних платформ для обміну інформацією між споживачами та постачальниками енергетичних послуг (Борисяк & Іванечко, 2021).

У напрямку вирішення цих питань в Україні можна визначити позитивні тенденції щодо намірів впровадження міжнародного досвіду діджиталізації. Дієвими проєктами таких цифрових рішень можуть бути (Williges et al., 2022; Duch-Brown & Rossetti, 2020):

- «Відкриті дані» та доступ до інформації в усіх сферах, що стосуються використання природних ресурсів, надр та екологічних впливів виробництва;
- Електронні постійно оновлювані реєстри природного багатства країни, які відстежують зміни, обумовлені викидами парникових газів;
- Відкриті та прозорі цифрові аукціони, які стосуються продажу або оренди природних ресурсів;
- Цифрові інтегровані карти корисних копалин;
- Цифрові «інвестиційні атласи» для різних індустрій;
- Цифрові дозволи на користування надрами, що дасть змогу не тільки пришвидшити процес, а й створити єдиний прозорий реєстр надрокористування;
- Електронні квитки – дозволи для фізичних осіб на здійснення мисливської, рибальської діяльності, вирубки лісу тощо;
- Електронні системи моніторингу викидів у промислових зонах та громадському секторі з автоматичним формуванням протоколів порушення встановлених екологічних норм.

Зазначені цифрові рішення узагальнені з міжнародного досвіду проєктів діджиталізації в екологічній сфері. Механізми їх впровадження в Україні доцільно закладати вже зараз, адже у найближчому майбутньому це сприятиме сталій та екологічно стійкій відбудові вітчизняної індустрії.

Висновки

З огляду на динамічне та здебільшого кліматично агресивне нарощування світового виробництва, стратегії цифрового та екологічного розвитку потрібно розробляти й інтегрувати у синергії на рівні окремих держав, регіонів та світу.

Діджиталізація – це потужний інструмент вирішення завдань екологізації сучасної індустрії. Такий позитивний вплив простежується відразу в кількох вимірах. По-перше, зменшення викидів парникових газів через цифрову оптимізацію виробничих процесів безпосередньо на рівні виробництва країни, споживання ресурсів та врегулювання транспортної логістики. По-друге, застосування екоінновацій для абсорбції шкідливих речовин у міській екосистемі та зменшення наслідків парникового ефекту. По-третє, загальна регуляція кліматичної нейтральності індустрії шляхом створення та впровадження цифрових платформ для моніторингу екологічних впливів та комунікації учасників цього процесу.

На сьогодні більшість розвинених країн світу має доволі високі показники цифрової конкурентоспроможності, що свідчить про технологічну та інфраструктурну готовність держав до впровадження сучасних проєктів діджиталізації індустрії, які спрямовані на досягнення кліматичної нейтральності. Проте в багатьох країнах світу національна індустрія залишається кліматично агресивною. Про це свідчать великі обсяги викидів парникових газів, які супроводжують формування кожного мільйона доларів ВВП країни. Для країн ЄС «точкою відліку» або критичною межею викидів можна вважати розрахований середній рівень у 230 т CO₂ на 1 млн ВВП, з якого розпочалося впровадження Стратегії кліматичної нейтральності ЄС до 2050 р. З усіх країн-лідерів світового індустріального виробництва тільки Німеччина та Великобританія спромоглися перетнути та знизити цю межу, зберігши позиції лідерів у п'ятірці найбільш потужних економік світу за обсягом національного виробництва. США та Китай – це наразі лідери цього рейтингу та водночас найбільші забрудники планети, що обумовлює необхідність унормування їх програм розвитку до стратегії кліматичної нейтральності ЄС. Таке завдання актуальне для усіх країн з потужним ресурсним потенціалом, до яких також належить Україна.

Досвід країн ЄС доводить, що досягнути кліматичну нейтральність економіки цілком можливо. Діджиталізація – це своєрідний прискорювач цього процесу. Сучасні цифрові інструменти у напрямку екологізації індустрії охоплюють широке коло сфер охорони навколишнього середовища та моні-

торингу показників забрудненості. Нині для їх впровадження необхідно розробити національні механізми відповідно до Стратегії кліматичної нейтральності, зокрема створити єдині цифрові платформи для об'єднання усіх учасників на рівні громади, бізнесу, держави та регіональних об'єднань.

Список використаної літератури

- Борисяк, О. В., & Іванечко, Н. Р. (2021). Формування цифрового комунікативного середовища з надання енергетичних послуг на засадах кліматично нейтрального розвитку. *Бізнес Інформ*, 3, 44–50. <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2021-3-44-50>
- Brouwer, K. M., & Bergkamp L. (eds.). (2021). *Road to EU climate neutrality by 2050*. ECR Group and Renew Europe. https://roadtoclimateneutrality.eu/Energy_Study_Full.pdf
- Delbeke, J., & Vis, P. (eds.). (2019). *Towards a climate-neutral Europe: Curbing the trend*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9789276082569>
- Duch-Brown, N., & Rossetti, F. (2020). Digital platforms across the European regional energy markets. *Energy Policy*, 144, 111612. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111612>
- European Commission. (2021). 2030 Digital Compass: The European way for the Digital Decade. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX%3A52021DC0118>
- Filho, L. W., Yang, P., Eustachio, J. H. P. P., Azul, A. M., Gellers, J. C., Gielczyk, A., Dinis, M. A. P., & Kozlova, V. (2022). Deploying digitalisation and artificial intelligence in sustainable development research. *Environment, Development and Sustainability*. <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02252-3>
- Гальцова, О., Трохимець, О., & Носатов, І. (2021). Діджиталізація розвитку національної економіки. *Цифрова економіка як фактор економічного зростання держави* (с. 65-80). Видавничий дім «Гельветика».
- Gensch, C. O., Prakash, S., & Hilbert, I. (2017). Is digitalisation a driver for sustainability?. In T. Osburg & Ch. Lohrmann (Eds.), *Sustainability in a digital world* (pp. 117–129). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-54603-2_10
- German Advisory Council on Global Change. (2019). *Towards our common digital future. WBGU flagship report*. WBGU
- Hanna, N. K. (2020). Assessing the digital economy: Aims, frameworks, pilots, results, and lessons. *Journal of Innovation and Entrepreneurship*, 9, 16. <https://doi.org/10.1186/s13731-020-00129-1>

- IMD World Competitiveness Center (2021). *IMD World Digital Competitiveness Ranking 2021*. https://www.imd.org/globalassets/wcc/docs/release-2021/digital_2021.pdf
- Interagency working group on Advanced Manufacturing. (2012). *A national strategic plan for advanced manufacturing*. Office of Science and Technology Policy. https://www.manufacturing.gov/sites/default/files/2018-01/nstc_feb2012.pdf
- Kagermann H., Wahlster W., & Helbig, J. (2013) *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0*. Forschungsunion and acatech. <https://www.din.de/blob/76902/e8cac883f42bf28536e7e8165993f1fd/recommendations-for-implementing-industry-4-0-data.pdf>
- Косович, Б. І. (2021). Діджиталізація як інноваційний тренд у забезпеченні сталого розвитку. В О. Л. Гальцова (ред.), *Цифровізація економіки як фактор економічного зростання (колективна монографія)* (с. 185–199). Видавничий дім «Гельветика». https://www.researchgate.net/profile/Vasyl-Gorbachuk/publication/352314740_Development_of_intellectual_property_industrialization_and_digitalization/links/60c35b34a6fdcc2e6132aaad/Development-of-intellectual-property-industrialization-and-digitalization.pdf
- Krishna, L. S. R., & Srikanth, P. J. (2021). Evaluation of environmental impact of additive and subtractive manufacturing processes for sustainable manufacturing. *Materialstoday: Proceedings*, 45(2), 3054–3060. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.060>
- Kunkel, S., & Tyfield, D. (2021). Digitalisation, sustainable industrialisation and digital rebound – Asking the right questions for a strategic research agenda. *Energy Research & Social Science*, 82, 102295. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2021.102295>
- Li, L. (2018). China's manufacturing locus in 2025: With a comparison of «Made-in-China 2025» and «Industry 4.0». *Technological Forecasting and Social Change*, 135, 66–74. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.05.028>
- Maris, G., & Flouros, F. (2021). The Green Deal, national energy and climate plans in Europe: Member states' compliance and strategies. *Administrative Sciences*, 11(3), 75. <http://dx.doi.org/10.3390/admsci11030075>
- МЦТУ. (2021). *Публічний каталог проєктів цифрової трансформації в Україні* [База даних]. <https://plan2.diaa.gov.ua/projects>
- More, E., Evans, S., McCaffrey, P., Probert, D., & Phaala, R. (2013). *UK manufacturing foresight: Future drivers of change*. 2nd Annual Manufacturing the Future EPSRE Conference. https://www.academia.edu/8884306/UK_Manufacturing_Foresight_Future_Drivers_of_Change
- Murthy, K. B., Kalsie, A., & Shankar, R. (2021). Digital economy in a global perspective: is there a digital divide?. *Transnational Corporations Review*, 13(1), 1-15. <https://doi.org/10.1080/19186444.2020.1871257>

- Niñerola, A., Ferrer-Rullan, R., & Vidal-Suñé, A. (2020). Climate change mitigation: Application of management production philosophies for energy saving in industrial processes. *Sustainability*, 12(2), 717. <https://doi.org/10.3390/su12020717>
- Paoli, L. D., & Geoffron, P. (2019). Introduction: A critical overview of the European national energy and climate plans. *Economics and Policy of Energy and the Environment*, 1, 31–41. <http://dx.doi.org/10.3280/EFE2019-001002>
- Pauliuk, S., Koslowski, M., Madhu, K., Schulte, S., & Kilchert, S. (2022). Co-design of digital transformation and sustainable development strategies – What socio-metabolic and industrial ecology research can contribute. *Journal of Cleaner Production*, 343, 130997. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130997>
- Пімоненко, Т. (2021). *Стохастичне моделювання дорожньої карти гармонізації вітчизняних та європейських стандартів регулювання енергетичного ринку на шляху переходу до циркулярної та вуглецево-нейтральної економіки: Етап 1 «Аналіз асинхронності енергетичної політики України з європейськими практиками реалізації енергоефективної компоненти кліматичної стратегії «Green Deal Policy» та прогнозування структури енергетичного балансу України і структури енерговиробництва за типами відновлювальних джерел енергії»: звіт про НДР (проміжний)*. Суми.
- United Nations Conference on Trade and Development. (2021). *Digital Economy Report 2021. UNCTAD/DER/2021*. United Nations Publications. https://unctad.org/system/files/official-document/der2021_en.pdf
- Van der Velden, M. (2018). Digitalisation and the UN Sustainable Development Goals: What role for design. *Interaction Design & Architecture(s) Journal*, 37, 160–174. <https://www.smart.uio.no/publications/van-der-velden-digitalisation-and-un-sdg.pdf>
- Williges, K., Van der Gaast, W., de Bruyn-Szendrei, K., Tuerk, A., & Bachner, G. (2022). The potential for successful climate policy in National Energy and climate plans: Highlighting key gaps and ways forward. *Sustainable Earth*, 5(1), 1–17. <https://doi.org/10.1186/s42055-022-00046-z>
- World Bank Group. (2016). *World development report: Digital dividends*. World Bank Publications. <https://www.worldbank.org/en/publication/wdr2016>

Стаття отримана: 5 вересня, 2022.
Стаття рецензована: 20 вересня, 2022.
Стаття прийнята: 23 вересня, 2022.