

<https://doi.org/10.36818/2071-4653-2021-6-5>

УДК 330:338.45:502.33

JEL O33, O14, Q57

**М. О. Солдак**

кандидат економічних наук, старший науковий співробітник,

учений секретар Інституту економіки промисловості НАН

України, м. Київ

e-mail: soldak@nas.gov.ua

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4762-3083>

## **ПРОМИСЛОВІ ЕКОСИСТЕМИ СВІТУ: ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОСТІ РОЗВИТКУ**

*Представлено емпіричний аналіз розвитку промислових екосистем 58 країн світу в межах двох груп країн – країн з розвинутою промисловістю та країн з промисловістю, що розвивається, на основі класифікації Всесвітнього банку країн та економік за рівнем індустріалізації. Удосконалено методичний підхід до оцінювання екологічності промислових екосистем через визначення взаємозв'язку між валовою доданою вартістю в промисловості та ефективністю викидів CO<sub>2</sub> під час створення вартості у виробничому секторі, використання якого дозволило встановити значні відмінності в досягненні цілей сталого розвитку між різними за промисловим та технологічним розвитком країнами. Отримані результати дослідження дозволяють аргументувати тезу про активне використання сучасних технологій у сфері впливу на довкілля в країнах із розвинутою промисловістю на шляху до більшої відповідності їхніх промислових екосистем принципам біологічних. Окреслено головні проблеми та визначено перспективи України щодо промислового зростання на засадах сталого розвитку разом із суттєвим поліпшенням виробничих технологій.*

**Ключові слова:** промислова екосистема, технологічний розвиток, технології передового цифрового виробництва, ефективність викидів CO<sub>2</sub>.

### **Soldak M. INDUSTRIAL ECOSYSTEMS OF THE WORLD: ASSESSMENT OF ECOLOGICAL DEVELOPMENT**

*Sustainable development has become the mainstream of the global economy in recent years. It is focused on creating the mechanisms to ensure climate-neutral industrial growth through the use of advanced digital production technologies. Under the influence of modern technologies, the processes of formation and further development of industrial ecosystems are intensifying, which should be studied in ecological and technological contexts. The new climate agenda makes the determining of new perspectives and problems of industrial ecosystem development from the standpoint of a national industry increasingly relevant. The article presents an empirical analysis of the development of industrial ecosystems in 58 countries within two groups - countries with developed industry and countries with developing industry, based on the World Bank classification of countries and economies by level of industrialization. The methodological approach to assessing the environmental friendliness of industrial ecosystems has been improved by identifying the relationship between gross value added in industry and the efficiency of CO<sub>2</sub> emissions in creating value in the manufacturing sector, the use of which allows establishing significant differences in achieving the goals of sustainable development between different countries in terms of industrial and technological development. The results of the study confirm the thesis on the active use of modern technologies in the field of environmental impact in countries with developed industries on the way to greater compliance of their industrial ecosystems with the principles of biological ones. Key issues are outlined and Ukraine's prospects for industrial growth based on sustainable development, along with a significant improvement in production technologies, are identified.*

**Keywords:** industrial ecosystem, technological development, technologies of advanced digital production, efficiency of CO<sub>2</sub> emissions.

**Постановка проблеми.** Останніми роками завдання сталого розвитку визначають мейнстрім глобальної економіки. В їхньому фокусі знаходиться створення механізмів забезпечення кліматично нейтрального промислового зростання завдяки використанню технологій передового цифрового виробництва (advanced digital production)<sup>1</sup>. Під впливом сучасних технологій відбувається інтенсифікація процесів формування і подальшого розвитку промислових екосистем, які доцільно досліджувати в екологічному та технологічному контексті. В екологічному контексті концепція промислових

екосистем має велике значення для правильного розуміння екологічних проблем і розроблення політики у сфері управління розвитком промислових екосистем. На відміну від біологічної, промислова екосистема не є повністю сталою. Циклічний потік речовин та енергії, типовий для сталої біологічної екосистеми, є ідеальним станом промислової екосистеми, а шлях до досягнення сталості полягає через перероблення відходів і розподіл енергії між промисловими суб'єктами. Щодо технологічного контексту, то саме злиття фізичних, цифрових і біологічних технологій є головною відмінною рисою сучасної «розумної» промисловості, яка істотно відрізняється від інших видів господарської діяльності та є незамінним драйвером економічного зростання та інновацій у національних економіках [1].

**Аналіз останніх досліджень.** У новій промисловій стратегії Європи оголошено курс на подвійний

<sup>1</sup> До технологій передового цифрового виробництва відносять промисловий інтернет речей, аналіз великих обсягів даних, просунуту робототехніку, штучний інтелект/машинне навчання, хмарне обчислення, адитивне виробництво.

перехід промислових екосистем<sup>2</sup> – до кліматичної нейтральності та цифрового лідерства. Досягненню цієї мети мають сприяти три рушійні чинники: зелений перехід, глобальна конкурентоспроможність і цифровий перехід [2]. В останніх публікаціях вказується, що сучасні тенденції в зеленій промисловій політиці переважно зосереджені на просуванні нових «зелених» технологій (зокрема фотоелектричних батарей, акумуляторів, паливних елементів і біопереробних заводів) [3-6]. Дослідження інноваційних процесів підкреслюють важливість державного втручання для забезпечення достатнього рівня інвестицій у R&D у сфері захисту довкілля, інтерактивного характеру інноваційних процесів, в яких беруть участь не лише безпосередні учасники

**Основні результати.** У світовій економіці одночасно представлені різні види виробничих технологій, відповідних інститутів різного рівня. Як приклад доцільно розглянути розвиток промислових екосистем деяких країн світу. Емпіричний аналіз проводився в межах двох груп країн – країни з розвинутою промисловістю та країни із промисловістю, що розвивається, на основі класифікації Всесвітнього банку країн та економік за рівнем індустріалізації [9, с. 54]. Були відібрані ті країни, щодо яких представлена потрібна інформація стосовно характеристики промислових екосистем, водночас із дослідження були виключені країни із населенням до 1 млн осіб. Загалом дослідження охопило 57 країн з різним рівнем промислового та

*Таблиця 1*

**Деякі показники, які характеризують промислові екосистеми країн світу у 2010-2019 рр.**

Значення	Додана вартість на одну особу, створена переробною промисловістю, постійні \$	ВВП на одну особу, постійні \$	Середньо- та високотехнологічна промисловість (включно з будівництвом), на одну особу, постійні \$	Валове нагромадження капіталу на одну особу, постійні \$	Витрати на дослідження та розробки на одну особу, постійні \$	Патентні заявки на 1 млн населення	Високотехнологічний експорт на одну особу, поточні \$	Знансємні зайняті на 1000 населення, осіб	Цифрові навички населення <sup>3</sup>	Ефективність викидів CO <sub>2</sub> під час створення вартості у виробничому секторі, пост. \$/осіб*100 млн т <sup>4</sup>
<i>Країни з розвинутою промисловістю (n=29)</i>										
Азія та Тихоокеанський регіон (Австралія, Японія, Південна Корея, Малайзія, Сінгапур), Європа (Австрія, Бельгія, Швейцарія, Чехія, Німеччина, Данія, Іспанія, Естонія, Фінляндія, Франція, Велика Британія, Угорщина, Ірландія, Іспанія, Ізраїль, Італія, Нідерланди, Португалія, Словаччина, Словенія, Швеція), Північна Америка (Канада, США)										
Максимальне	16760,6	84867,0	9665,4	21218,1	2809,3	3236,5	16295,9	388,0	6,0	449,3
Мінімальне	1184,9	9521,7	321,6	2308,5	101,2	13,9	151,2	132,7	3,3	0,7
Середнє	5691,8	38328,9	2974,3	8987,8	904,8	341,7	2527,3	251,1	5,1	95,9
<i>Країни з промисловістю, що розвивається (n=28)</i>										
Африка (Ботсвана, Єгипет, Ефіопія, Південно-Африканська Республіка), Азія та Тихоокеанський регіон (Вірменія, Азербайджан, Індонезія, Індія, Китай, Казахстан, Бангладеш), Європа (Албанія, Грузія, Греція, Хорватія, Латвія, Молдова, Польща, Румунія, Туреччина, Україна), Латинська Америка (Аргентина, Бразилія, Чилі, Мексика, Уругвай)										
Максимальне	2340,9	18695,7	970,1	3442,5	163,7	946,1	778,1	231,9	5,2	288,9
Мінімальне	29,7	631,0	4,3	253,5	2,4	0,1	0,1	33,2	3,3	0,1
Середнє	1013,1	7631,2	284,0	1761,1	47,1	61,6	152,3	123,1	4,0	35,9
<i>Україна</i>	<i>291,4</i>	<i>2227,3</i>	<i>93,3</i>	<i>434,0</i>	<i>14,2</i>	<i>47,8</i>	<i>60,5</i>	<i>183,6</i>	<i>4,7</i>	<i>1,26</i>

*Джерело: складено автором за даними [11].*

створення знань та інновацій (фірми, університети та науково-дослідні інститути), а й державний сектор і суб'єкти з боку попиту. Важливим є також вплив на інноваційні процеси формальних і неформальних інститутів, пов'язаних з конкретними галузями [7; 8]. Отже, у світлі нового кліматичного порядку денного досягнення цілей сталого розвитку промислових екосистем насамперед буде залежати від ступеня їхнього технологічного розвитку. Водночас перехід до низьковуглецевих, кліматично-нейтральних і ресурсоефективних промислових екосистем потребує цілісного підходу: він не досягається шляхом вирішення проблем ізольовано, для цього мають працювати наука, інновації та відповідні інститути.

**Мета статті** – визначити з позицій національної промисловості нові перспективи та проблеми розвитку промислових екосистем у контексті нового кліматичного порядку денного.

<sup>2</sup> Європейські промислові екосистеми об'єднують найважливіших гравців: академічні та науково-дослідні інститути, постачальників, МСП та великі компанії.

технологічного розвитку, а також ступенем впливу на навколишнє середовище. У табл. 1 наведено склад двох груп країн і представлені середні показники, які характеризують національні промислові екосистеми за період з 2010 по 2019 роки. До них віднесені показники, що визначають ступінь економічного розвитку країни, які розраховано на одну особу для того, щоб уникнути впливу фактору розміру держав.<sup>34</sup>

У сучасному світі технологічні прориви у сфері передового цифрового виробництва ділять світ на лідерів і тих, хто наздоганяє. До країн з розвинутою промисловістю відносять країни Європи, Азійсько-Тихоокеанського регіону та Південної Америки,

<sup>3</sup> За Міжнародною стандартною класифікацією професій.

<sup>4</sup> Ефективність викидів CO<sub>2</sub> під час створення вартості у виробничому секторі визначено як відношення валової доданої вартості, створеної промисловістю на особу населення, до величини викидів CO<sub>2</sub> в національних економіках. Показник який використовується ЮНІДО, у нашому дослідженні розрахований на одну особу, щоб уникнути впливу фактору розміру держав.

## СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНІ ПРОБЛЕМИ СУЧАСНОГО ПЕРІОДУ УКРАЇНИ

більшість з них є локомотивами світової економіки, лідерами створення та розповсюдження передових технологій. Наприклад, у глобальному обсязі патентів, що видаються на технології передового цифрового виробництва, лише 10 країн демонструють частку ринку, що вища від середнього значення: США, Японія, Німеччина, Китай, Тайвань, Франція, Швейцарія, Велика Британія, Південна Корея та Нідерланди. Спільно на них припадає 91% усіх світових патентних сімейств. До групи країн з промисловістю, що розвивається, належать країни, які мають у середньому значно нижчі показники, які характеризують національні промислові екосистеми. Переважно це так звані «країни, що наздоганяють», які демонструють низьку або дуже низьку активність у сфері розвитку передового виробництва. У країнах, що розвиваються, виробники, як і раніше, використовують технології третьої промислової революції, тому основні можливості для цих країн полягають у поступовій інтеграції нових технологій у наявні виробничі системи попереднього покоління [10].

Україна належить до «країн, що наздоганяють». Показники її промислового, технологічного та екологічного розвитку є нижчими від середніх по групі загалом. Виняток становлять лише показники розвитку трудового потенціалу – кількість знансеемних працівників і цифрові навички населення. Це ще раз підтверджує той факт, що завдяки трудовому потенціалу, достатньо високий рівень якого все ще зберігається, Україна має шанс досягти більш високого рівня технологічності промисловості за умов створення довгострокових інститутів розвитку.

За даними ЮНІДО, сучасні передові технології мають високий показник екологічності. Це особливо стосується технологій, пов'язаних з роботами, машинним навчанням, системами автоматизованого проектування та автоматизованого виробництва, та меншою мірою – технологій адитивного виробництва.

Найбільш важливою характеристикою, відзначеною патентними рецензентами цих технологій, є їхній потенційний внесок у зниження викидів парникових газів [11, с. 19]. Утім, не все так однозначно. Наприклад, екологічні проблеми має напівпровідникова промисловість, від якої частково залежить досягнення глобальних кліматичних цілей. Попит на кремнієві мікросхеми, які вбудовані в переважну кількість товарів – досягнень сучасної техніки – від смартфонів і телевізорів до вітряних турбін, зростає та спричиняє величезний вуглецевий слід [12]. Найнижчою серед відібраних для аналізу країн є ефективність викидів CO<sub>2</sub> під час виробництва в Китаю та Індії. Високі темпи промислового виробництва, недостатня увага до питань екології та відносно низькі ціни на вугілля визначили Індію та Китай головними споживачами енергетичного вугілля у світі. У 2020 р. Китай споживав понад половину всього вугілля (54,3%), яке споживається у світі, Індія – 11%. Споживання вугілля як енергоносія зростає в Китаї разом із збільшенням обсягів промислового виробництва. Воно розглядається як зручний і доступний ресурс, що забезпечує національну енергетичну безпеку та підтримує економічне зростання. Металургійна та цементна промисловості є найважливішими споживачами цього ресурсу, саме в цих галузях Китай є найбільшим у світі виробником.

Одними з головних запитань щодо сучасного індустріального розвитку є такі: чи стає промислове виробництво більш дружнім до навколишнього середовища та чи сприяють нові технології забезпеченню екологічності процесу виробництва? Частково отримати відповідь на них можна шляхом порівняння динаміки емісії діоксиду вуглецю та доданої вартості, створеної переробною промисловістю у світі (рис. 1).

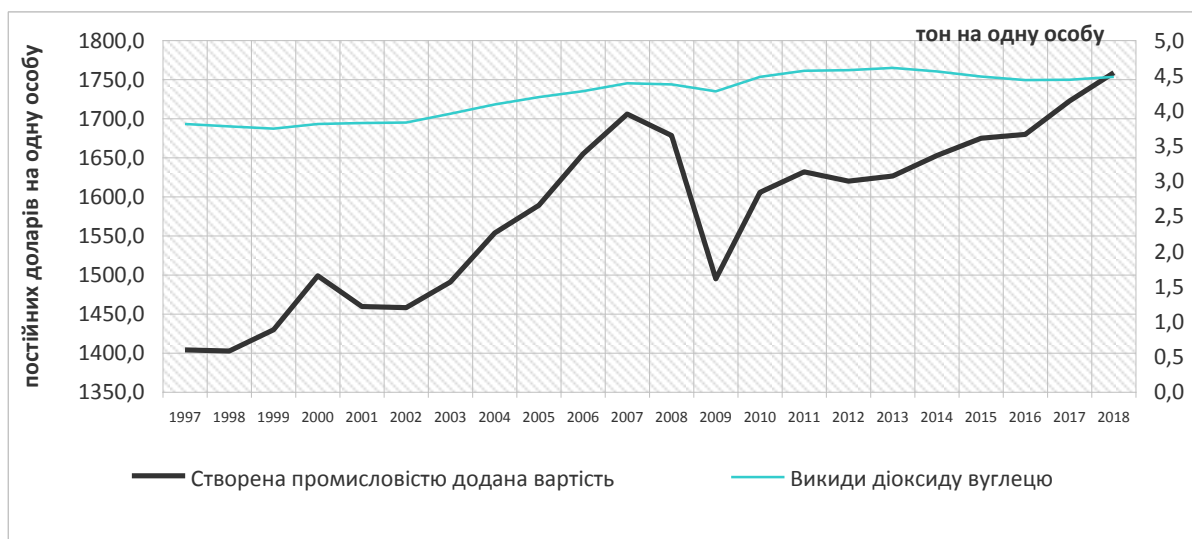


Рис. 1. Динаміка емісії діоксиду вуглецю та доданої вартості, створеної переробною промисловістю у світі  
Джерело: складено автором за власними розрахунками за даними [16].

Графік демонструє наявність прямого зв'язку між викидами CO<sub>2</sub> та створеною переробною промисловістю доданою вартістю, але останніми роками викиди зростали у світі повільніше. Отже, промислове зростання поступово стає менш

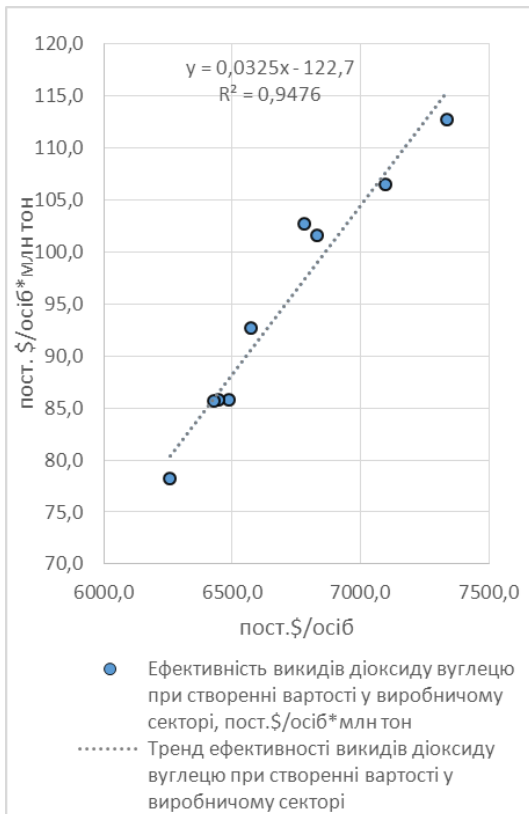
викидоемним завдяки витісненню вуглецемного виробництва та / або підвищенню енергоефективності.

У цьому дослідженні викиди CO<sub>2</sub> на одну особу населення розглядаються як непрямий показник погіршення стану довкілля, оскільки викиди вуглецю були визна-

чені як один з основних забруднювачів [13] (вони становлять близько 75% викидів парникових газів) [14; 15].

Показник емісії CO<sub>2</sub> використовується в екологічній кривій Кузнеця (ЕКК) [17; 18] – гіпотези про те, що зі зростанням внутрішнього національного продукту стан довкілля на початковому етапі стрімко погіршується, але потім відбувається перелом. Зі збільшенням доходів зростає попит на безпечне довкілля та з'являється більше ресурсів, які можна направити на покращення його стану. Населення з більш високим рівнем доходів може дозволити собі витратити на оздоровлення навколишнього середовища більше грошей. Результати останніх емпіричних досліджень підтверджують наявність значного позитивного зв'язку між викидами CO<sub>2</sub> та ВВП, але зі збільшенням на одну одиницю ВВП не завжди відбувається зменшення викидів CO<sub>2</sub>. Це припущення підтверджується в країнах із більш високим рівнем доходів [19]. Зростання економіки вимірюється зміною

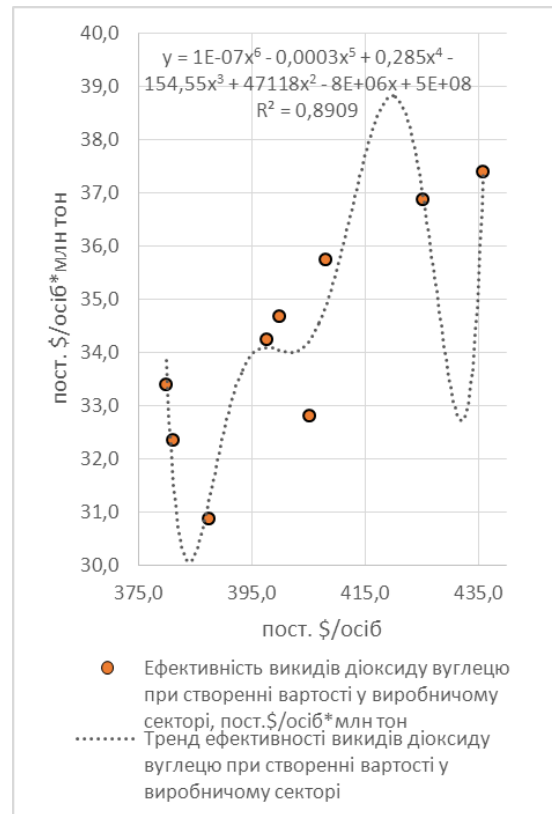
обсягів її виробництва, а технічний прогрес є одним з основних факторів довгострокового зростання. Базуючись на ідеї екологічної кривої Кузнеця, у цьому дослідженні для взаємозв'язку промислового розвитку та сталості промислових екосистем національних економік ми використали показник ефективності викидів CO<sub>2</sub> під час створення вартості у виробничому секторі, що, як уже зазначалось, є результатом відношення валової доданої вартості, створеної промисловістю на одну особу, до емісії CO<sub>2</sub>. Водночас передбачається, що в промислових країнах, які активно розробляють і використовують сучасні передові технології і промисловість яких характеризується вищими темпами зростання доданої вартості, ефективність викидів CO<sub>2</sub> теж зростає високими темпами. Для зображення форми взаємозв'язку між досліджуваними економічними показниками для двох груп країн побудовано графіки (рис. 2а та рис. 2б).



**Рис. 2а. Ефективність викидів під час створення вартості в переробній промисловості у країнах з розвинутою промисловістю у 2010-2018 рр.**

*Джерело: складено автором за власними розрахунками за даними [16].*

Графіки наочно демонструють значні відмінності між величиною показника ефективності викидів діоксиду вуглецю залежно від групи країн. У середньому для економік з розвинутою промисловістю у 2018 р. він становив 112,7 пост. \$/осіб\*млн т, що на 44% більше, ніж у 2010 р. Для країн з розвинутою промисловістю взаємозв'язок між усіма можливими значеннями X та Y має виражений лінійний характер, тобто обидва показники поступово зростали з 2010 по 2018 рр. У країнах з промисловістю, що розвивається, ситуація дещо інша.



**Рис.2б. Ефективність викидів під час створення вартості в переробній промисловості у країнах з промисловістю, що розвивається, у 2010-2018 рр.**

У середньому показник ефективності викидів CO<sub>2</sub> є значно нижчим, ніж у країнах із розвинутою промисловістю – 37,4 пост. \$/осіб\*млн т. Крім того, лише в разі використання поліноміального тренду для встановлення взаємозв'язку між усіма можливими значеннями показників валової доданої вартості, створеної промисловістю, та ефективністю викидів діоксиду вуглецю величина достовірності апроксимації становить менш ніж 15% (11%). Відомо, що така математична функція використовується для опису значень часових рядів, що поперемінно

зростають і спадають. Отже, показник ефективності викидів CO<sub>2</sub> під час створення вартості у виробництві в країнах з промисловістю, що розвивається, у досліджуваному періоді мав нестабільний характер.

Безумовно, результати оцінювання екологічності промислових екосистем мають узагальнений характер. Ситуація щодо окремих країн потребує більш глибокого аналізу. Але загалом проведене дослідження дозволяє простежити певні загальні тренди сталості розвитку промислових екосистем – активне використання сучасних технологій у сфері впливу на довкілля дозволяє промисловим екосистемам країн з розвинутою промисловістю більше відповідати принципам біологічної екосистеми.

Компанії-лідери у виробництві та використанні передових технологій активізують заходи зі зниження не тільки поточного впливу своїх бізнес-операцій на довкілля, але й ставлять амбітні цілі в боротьбі із забрудненням у минулому, що можна порівняти з «виплатою репарацій жертвам минулої несправедливості» [20]. Що стосується промислових екосистем країн з промисловістю, що розвивається, де більшість виробничих підприємств відстають у використанні передових технологій, головне питання полягає в тому, як вони можуть подолати теперішні технологічні розриви з провідними країнами світу. Економічне зростання в цих країнах без суттєвого поліпшення виробничих технологій загрожуватиме глобальною екологічною катастрофою. Тому для країн, що наздоганяють, важливим є прагнення до продукування технологій на достатньому рівні, однак перехід від одних домінантних технологій до інших не може обмежуватися вирішенням лише інженерних проблем завдяки запозиченню технологій більш високого рівня, а потребує врахування впливу безлічі різних чинників, які визначають здатність до виживання, довголіття і репродуктивний потенціал національної промислової екосистеми. Тому найближчою перспективою буде отримання гарантованого доступу до потрібних технологій з боку країн-лідерів.

У світлі нового кліматичного порядку денного національна промислова політика має вирішувати декілька завдань, які умовно можна поділити на три основні напрями.

1. *Забезпечення направленості структурно-галузевого й технологічного розвитку промислової політики.* В Україні постає потреба в розробленні і впровадженні нової моделі розвитку базових галузей промисловості, яка б відповідала сучасним глобальним неоіндустріальним змінам і викликам у межах Індустрії 4.0 [21]. Для базових галузей вітчизняної промисловості вкрай важливим є прискорення впровадження інновацій у виробничі процеси та системи поставок, які дозволять скоротити витрати шляхом збереження та підвищення якості й екологічності продукції. Наприклад, у металургійній галузі прикладами нових технологічних рішень є smart devices (датчики, лічильники, сенсори), встановлення яких дозволяє виробникам сталі скоротити викиди CO<sub>2</sub> і зменшити витрачену енергію, а також інтелектуальне моделювання виробничих процесів, яке призводить до більш високих виходів чавуну та зменшення викидів [22, с. 141-142]. У

контексті взаємопов'язаності завдань структурно-галузевого й технологічного розвитку надзвичайно важливо акцентувати увагу на потенціалі вітчизняної ІТ-індустрії, використовуючи, зокрема, інструментарій державного сприяння інвестиціям та експорту, освітньо-кваліфікаційні програми [23]. Водночас така політика має забезпечувати збільшення внеску ІТ-галузі в розвиток вітчизняної промисловості в напрямі подолання її технологічної відсталості та забезпечення кліматичної нейтральності, а не реалізацію стратегії експорту результатів діяльності вітчизняних ІТ-талентів, як це відбувається останніми роками.

2. *Сприяння створенню знань і технологічному розвитку.* Одними з перших кроків у цьому напрямі можуть стати підвищення рівня фінансування НДДКР мінімум до 2% ВВП; стимулювання приватного фінансування НДДКР і доведення його частки в загальному обсязі фінансування до 50% [24, с. 121]. Узгодженість на міжнародному рівні є важливою не тільки стосовно політики ціноутворення на викиди CO<sub>2</sub>, а й політики сприяння створенню знань і технологічного розвитку. Ураховуючи значні витрати, пов'язані з демонстрацією технологій в енергоємних галузях, питання про те, коли розвивати вітчизняне обладнання та базу знань, а коли використовувати міжнародні ресурси, є вкрай важливим.

3. *Узгодженість промислової та регіональної політики в контексті соціально-економічних наслідків поетапної відмови від енергоємних галузей.* Промислова політика, яка безпосередньо враховує соціально-економічні наслідки декарбонізації, потребує глибокого розуміння синергії та компромісів між різними цілями регіональної політики для різних шляхів такого переходу в різних регіонах. Території України з покладами вуглеводнів стикаються з викликами в економічній, соціальній, культурній, житлово-комунальній та екологічній сфері, які виникають унаслідок зменшення видобутку вугілля та поступового закриття вугледобувних і суміжних підприємств, тому подальша декарбонізація галузей потребує чергового переосмислення концептуальних положень ревіталізації старопромислових територій.

**Висновки.** У світлі нового кліматичного порядку денного досягнення цілей сталого розвитку промислових екосистем насамперед буде залежати від ступеня технологічного розвитку промислових екосистем. Отримані результати дослідження екологічності промислових екосистем дозволяють аргументувати тезу про активне використання сучасних технологій у сфері впливу на довкілля в країнах з розвинутою промисловістю на шляху до більшої відповідності їхніх промислових екосистем принципам біологічних. Для країн з промисловістю, що розвивається, важливим є прагнення до продукування технологій на достатньому рівні, однак перехід від одних домінантних технологій до інших не може обмежуватися вирішенням лише інженерних проблем завдяки запозиченню технологій більш високого рівня, а потребує врахування впливу безлічі різних чинників, які визначають здатність до виживання, довголіття і репродуктивний потенціал національної промислової екосистеми. Тому

найближчою перспективою може буде отримання гарантованого доступу до потрібних технологій з боку країн-лідерів.

У світлі нового кліматичного порядку денного промислова політика України має вирішувати декілька завдань за такими основними напрямками: забезпечення направленості структурно-галузевого й технологічного розвитку промислової політики, сприяння створенню знань і технологічному розвитку та узгодженість промислової та регіональної політики в контексті соціально-економічних наслідків поетапної відмови від енергоємних галузей. Подальша декарбонізація галузей відповідно до світових тенденцій промислового розвитку, пов'язані із цим нові виклики та можливості для національної економіки потребують чергового переосмислення концептуальних положень ревіталізації старопромислових територій, але на нових для України принципах смарт-спеціалізації стратегічного планування розвитку регіонів, що і становить напрям подальших досліджень.

#### Список використаних джерел

1. Солдак М. О. Промислові екосистеми і технологічний розвиток. *Економіка промисловості*. 2019. № 4(88). С. 75-91. DOI: <https://doi.org/10.15407/econindustry2019.04.075>
2. A new Industrial Strategy for a globally competitive, green and digital Europe. *European Commission*: Website. 2020. URL: [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/fs\\_20\\_425](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/fs_20_425)
3. Nilsson L. J., Åhman M., Bauer F., Ericsson K., Johansson B., van Sluiseveld M., Schiro D. A European industrial development policy for prosperity and zero emissions. *Research Portal*: Website. 2020. <https://portal.research.lu.se/en/publications/a-european-industrial-development-policy-for-prosperity-and-zero>
4. Schwarz M., Nakhle C., Knoeri C. Innovative designs of building energy codes for building decarbonization and their implementation challenges. *Journal of Cleaner Production*. 2019. Vol. 248. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119260>
5. Andreoni A. The architecture and dynamics of industrial ecosystems: diversification and innovative industrial renewal in Emilia Romagna. *Cambridge Journal of Economics*. 2018. Vol. 42(6). Pp. 1-30. DOI: <https://doi.org/10.1093/cje/bey037>
6. Forge S., Blackman C., Bohlin E., Cave M. A *Green Knowledge Society. An ICT policy agenda to 2015 for Europe's future knowledge society*: Final Report. Brighton: SCF Associates Ltd, 2009.
7. Schot J., Steinmueller W. E. Three frames for innovation policy: R&D, systems of innovation and transformative change. *Research Policy*. 2018. Vol. 47(9). Pp. 1554-1567. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048733318301987>
8. Grillitsch M., Hansen T. Green industry development in different types of regions. *European Planning Studies*. 2019. Vol. 27. Pp. 2163-2183.
9. Отчет о промышленном развитии – 2016. UNIDO. 108 с. *Міністерство економіки України*: сайт. 2016. URL: [www.me.gov.ua](http://www.me.gov.ua)
10. Andreoni A., Anzolin G. *A Revolution in the Making? Challenges and Opportunities of*

*Digital Production Technologies for Developing Countries*. Vienna: UNIDO, 2019. 71 p. URL: <https://www.unido.org/api/opentext/documents/download/16423347/unido-file-16423347>

11. Отчет о промышленном развитии – 2020. *UNIDO*: сайт. 2019. URL: [https://www.unido.org/sites/default/files/files/2019-11/UNIDO\\_IDR2020-Russian\\_overview.pdf](https://www.unido.org/sites/default/files/files/2019-11/UNIDO_IDR2020-Russian_overview.pdf)
12. Belton P. The computer chip industry has a dirty climate secret. *The Guardian*: Website. 08.09.2021. URL: <https://www.theguardian.com>
13. Edoja P. E., Aye G. C., Abu O. Dynamic relation among CO<sub>2</sub> emission, agricultural productivity and food security in Nigeria. *Cogent Economics and Finance*. 2016. Vol. 4(1). Pp. 1-13. DOI: <https://doi.org/10.1080/23322039.2016.1204809>
14. Abbasi F., Riaz K. CO<sub>2</sub> emissions and financial development in an emerging economy: An augmented VAR approach. *Energy Policy*. 2016. Vol. 90. Pp. 102-114. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.12.017>
15. Liu X., Li X., Shi H., Yan Y., Wen X. Effect of economic growth on environmental quality: Evidence from tropical countries with different income levels. *Science of the Total Environment*. 2021. Vol. 774. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145180>
16. Data. *The World Bank*: Website. 2020. URL: <https://data.worldbank.org>
17. Tutulmaz O. Environmental Kuznets Curve time series application for Turkey: Why controversial results exist for similar models? *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2015. Vol. 50. Pp. 73-81. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.184>
18. Yandle B., Vijayaraghavan M., Bhattarai M. The Environmental Kuznets Curve: A Primer. *The Property and Environment Research Center*. 2002. 02-1. URL: <https://www.perc.org/wp-content/uploads/2018/05/environmental-kuznets-curve-primer.pdf>
19. Alsayed A. R. M., Malik A. Detecting the Environmental Kuznets Curve in African Countries. *Studies in Economics and Econometrics*. 2020. Vol. 44(1). Pp. 35-44. DOI: <https://doi.org/10.1080/10800379.2020.12097355>
20. Shankleman J. Companies Start Paying Off 'Carbon Debt' to Erase Past Sins. *Bloomberg*: Website. 2020. URL: <https://www.bloomberg.com/businessweek>
21. Іщук С. О., Созанський Л. Й. Виклики та перспективи розвитку хімічної промисловості України. *Економіка промисловості*. 2019. № 1(81). С. 65-81. DOI: <http://doi.org/10.15407/econindustry2019.01.065>
22. *Смарт-промисловість: напрями становлення, проблеми і рішення*: монографія / ред. В. П. Вишневський. Київ: Ін-т економіки пром-сті НАН України, 2019. 464 с.
23. Збразька Л. О. Ключові акценти порядку денного промислового розвитку в Україні. *Економіка промисловості*. 2019. № 4(92). С. 5-37. DOI: <http://doi.org/10.15407/econindustry2020.04.005>
24. Вишневський В. П., Чекіна В. Д., Гаркушенко О. М. та ін. *Трансформаційний потенціал цифровізації економіки України*: звіт про НДР (заключний). Київ: Ін-т економіки промисловості НАНУ, 2018. 176 с.

#### References

1. Soldak, M. O. (2019). Promyslovi ekosystemy i tekhnolohichnyy rozvytok [Industrial ecosystems and



- technological development]. *Ekonomika promyslovosti – Economy of industry*, 4(88), 75-91. DOI: <https://doi.org/10.15407/econindustry2019.04.075> [in Ukrainian].
2. A new Industrial Strategy for a globally competitive, green and digital Europe (2020). *European Commission*: Website. URL: [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/fs\\_20\\_425](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/fs_20_425)
3. Nilsson, L. J., Åhman, M., Bauer, F., Ericsson, K., Johansson, B., van Sluisveld, M., & Schiro, D. (2020). A European industrial development policy for prosperity and zero emissions. *Research Portal*: Website. <https://portal.research.lu.se/en/publications/a-european-industrial-development-policy-for-prosperity-and-zero->
4. Schwarz, M., Nakhle, C., & Knoeri, C. (2019). Innovative designs of building energy codes for building decarbonization and their implementation challenges. *Journal of Cleaner Production*, 248. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119260>
5. Andreoni, A. (2018). The architecture and dynamics of industrial ecosystems: diversification and innovative industrial renewal in Emilia Romagna. *Cambridge Journal of Economics*, 42(6), 1-30. DOI: <https://doi.org/10.1093/cje/bey037>
6. Forge, S., Blackman, C., Bohlin, E., & Cave, M. (2009). A Green Knowledge Society. An ICT policy agenda to 2015 for Europe's future knowledge society. A study for the Ministry of Enterprise. *Energy and Communications*. Final Report. Brighton: SCF Associates Ltd.
7. Schot, J., & Steinmueller, W. E. (2018). Three frames for innovation policy: R&D, systems of innovation and transformative change. *Research Policy*, 47(9), 1554-1567.
8. Grillitsch, M., & Hansen, T. (2019). Green industry development in different types of regions. *European Planning Studies*, 27, 2163-2183.
9. Otchet o promyshlennomu razvitii – 2016 [Industrial Development Report – 2016] (2016). *Ministry of Economy of Ukraine*: Website. [in Russian].
10. Andreoni, A., & Anzolin, G. (2019). *A Revolution in the Making? Challenges and Opportunities of Digital Production Technologies for Developing Countries*. Vienna: UNIDO. Retrieved from <https://www.unido.org/api/open-text/documents/download/16423347/unido-file-16423347>
11. Otchet o promyshlennomu razvitii – 2020 [Industrial Development Report – 2020] (2019) *UNIDO*: Website. [in Russian].
12. Belton, P. (2021, Sep 08). The computer chip industry has a dirty climate secret. *The Guardian*: Website. Retrieved from <https://www.theguardian.com>
13. Edoja, P. E., Aye, G. C., & Abu, O. (2016). Dynamic relation among CO<sub>2</sub> emission, agricultural productivity and food security in Nigeria. *Cogent Economics and Finance*, 4(1), 1-13. DOI: <https://doi.org/10.1080/23322039.2016.1204809>
14. Abbasi, F., & Riaz, K. (2016). CO<sub>2</sub> emissions and financial development in an emerging economy: An augmented VAR approach. *Energy Policy*, 90, 102-114. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.12.017>
15. Liu, X., Li, X., Shi, H., Yan, Y., & Wen, X. (2021). Effect of economic growth on environmental quality: Evidence from tropical countries with different income levels. *Science of the Total Environment*, 774. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145180>
16. Data (2020). *The World Bank*: Website. Retrieved from <https://data.worldbank.org>
17. Tutulmaz, O. (2015). Environmental Kuznets Curve time series application for Turkey: Why controversial results exist for similar models? *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 50, 73-81. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.184>
18. Yandle, B., Vijayaraghavan, M., & Bhattarai, M. (2002). The Environmental Kuznets Curve: A Primer. *The Property and Environment Research Center*, 02-1. Retrieved from <https://www.perc.org/wp-content/uploads/2018/05/environmental-kuznets-curve-primer.pdf>
19. Alsayed, A. R. M., & Malik, A. (2020). Detecting the Environmental Kuznets Curve in African Countries. *Studies in Economics and Econometrics*, 44(1), 35-44. DOI: <https://doi.org/10.1080/10800379.2020.12097355>
20. Shankleman, J. (2020). Companies Start Paying Off 'Carbon Debt' to Erase Past Sins. *Bloomberg*: Website. Retrieved from <https://www.bloomberg.com/businessweek>
21. Ishchuk, S. O., & Sozansky, L. Yo. (2019). Challenges and prospects of the Ukrainian chemical industry. *Ekonomika promyslovosti – Economy of Industry*, 1(85), 65-81. DOI: <http://doi.org/10.15407/econindustry2019.01.065> [in Ukrainian].
22. Vishnevskyy, V. P. (Ed.) (2019). *Smart-promyslovist': napryamy stanovlennya, problem i rishennya [Smart industry: directly becoming, problems and solutions]*. Kyiv: Institute of Industrial Economy of NASU. [in Ukrainian].
23. Zbarazska, L. O. (2020). Klyuchovi aktsenty poryadku dennoho promyslovoho rozvytku v Ukrayini [Key accents of agenda of industrial development in Ukraine]. *Ekonomika promyslovosti – Economy of Industry*, 4(92), 5-37. DOI: <http://doi.org/10.15407/econindustry2020.04.005> [in Ukrainian].
24. Vyshnevskyy, V. P., Chekina, V. D., & Harkushenko, O. N., et al. (2018). *Transformatsiynnyy potentsial tsyfrovizatsiyi ekonomiky Ukrayiny [Transformational potential of digitalization of the Ukrainian economy]*: Research report (final). Kyiv: Institute of Industrial Economy of NASU. [in Ukrainian]. [in Ukrainian].

Надійшло 01.11.2021 р.