

## КАРБОНОЄМНІСТЬ ПРОМИСЛОВОСТІ УКРАЇНИ: ПОТОЧНИЙ СТАН І ФОРСАЙТИНГ

У рамках оцінювання поточної карбоноємності та форсайту перспектив декарбонізації промисловості України визначено найбільш вуглецевоємні (визначально утворюють значний карбоновий слід) та карбоново-вразливі (демонструють найвищі темпи зростання карбоноємності з часом) сектори. Обґрунтовано, що переробна промисловість, сільське господарство, транспорт та енергетика, яким притаманні обидві негативні характеристики, мають найбільше конкурентне значення для ВВП України та є найбільш перспективними галузями для пріоритетного розвитку.

Визначено, що протягом 1990-2020 рр. карбоноємність ВВП України є вищою за середньосвітовий та європейський рівні, незважаючи на певні сприятливі тенденції останніх років. Станом на 2022 р. карбоновий слід промисловості України не перевищує встановлену квоту, проте при збереженні існуючих тенденцій вона може бути вичерпана у 2040 р. При цьому повільний прогрес декарбонізації енергетичного сектору України, спадна динаміка створення доданої вартості у промисловості, слабка мотивуюча роль екологічних податків і низька інвестиційна активність у промисловості не забезпечують сприятливих передумов для ефективної декарбонізації та цифровізації промислового комплексу.

Виявлені позитивні тенденції скорочення карбоноємності зумовлені деструктивними в довгостроковій перспективі явищами (деіндустріалізацією економіки та економічною стагнацією внаслідок пандемії) та мають тимчасовий характер.

Відповідно до базового сценарію декарбонізації промисловості України (збереження поточних тенденцій і явищ) очікується вичерпання національної квоти на емісію парникових газів у 2040 р., подальша деіндустріалізація економіки, збільшення технологічних розривів із розвинутими країнами світу та зростання конкурентної вразливості вітчизняних товаровиробників-експортерів.

Оптимістичний сценарій передбачає успішну декарбонізацію та цифровізацію технологічного укладу промислового комплексу. Його реалізація забезпечує досягнення «вуглецевої нейтральності» економіки у 2060 р., а також інших цільових індикаторів та якісних змін, запланованих в офіційних державних стратегіях екологічної політики й економічного розвитку на 2030 р. Проте втілення цього сценарію потребує значного посилення інноваційної активності – на рівні результатів низьковуглецевих лідерів ЄС, які прийняли підвищені зобов'язання щодо досягнення «вуглецевої нейтральності». Ключовою передумовою реалізації оптимістичного сценарію є участь України у міжнародних проєктах щодо запобігання зміні клімату.

*Ключові слова:* парникові гази, вуглецева нейтральність, декарбонізація, промисловість, форсайт, вуглецевий податок, експорт, альтернативні джерела енергії, сценарії.

*JEL:* O14, O44, Q57

За даними (Climate Watch Portal, 2021; European Commission, 2021a) глобальний обсяг викидів парникових газів у натуральному вираженні з 1990 по 2019 р. демонструє сталу тенденцію до зростання. У цілому за даний період обсяг емісії збільшився майже у 4 рази – від 9,35 млн т до 34,81 млрд т CO<sub>2</sub>-еквівалента (далі – CO<sub>2</sub>-екв.). При цьому максимальний карбоновий слід утворюють економічно розвинуті країни та країни, що розвиваються, з високим рівнем індустріалізації і темпами зростання економіки. Зокрема, станом на 2019-2020 рр. до країн-лідерів за питомим показником викидів парникових газів на душу населення належать Австралія (16,45 т CO<sub>2</sub>-екв. / особу), США (15,975), Південна Африка (8,13), КНР (7,32), ЄС-27 (5,84), Великобританія (5,46), Бразилія (2,30) та Індія (1,92 т CO<sub>2</sub>-екв. / особу). Водночас більшість зазначених країн також належать до економік світу, які очолили рейтинг Міжнародного валютного фонду на 2022 р. за даними ВВП у 2021 р. та його прогнозними значеннями на 2022 та 2023 рр. (International Monetary Fund, 2022).

Загострення екологічної кризи, зумовленої глобальною зміною клімату<sup>1</sup>, спонукає світове суспільство докладати зусиль щодо зменшення вуглецевої або карбонової ємності національних економік. Концепція декарбонізації енергетичної системи та досягнення "вуглецевої нейтральності" економіки знайшла відображення в довгострокових конкурентних стратегіях Євросоюзу (European Commission, 2019), США (Ocasio-Cortez, 2019), Китаю (UN News, 2020), Південної Кореї, Саудівської Аравії (Deokhyun, 2022) та поступово поширюються на інші країни, у тому числі Україну (Верховна Рада України, 2021).

Новий глобальний мейнстрим загалом отримав назву "Зеленого нового курсу"

<sup>1</sup> Незворотні наслідки для екосистеми планети прогнозують уже при глобальному потеплінні більш ніж на 2 °С, що очікується у 2100 р. за умов збереження існуючих тенденцій (IPCC, 2021; Lyon, 2021).

(англ. Green New Deal) або "Зеленого пакту". Його головною метою є досягнення нульового нетто-викиду парникових газів та/або нульового сумарного забруднення довкілля станом на 2050 р. для США та Євросоюзу (2030 р. для Фінляндії, 2040 р. для Австрії, 2045 р. для Швеції), 2060 р. – для КНР (Заніздра, 2021). Практична реалізація кількісних цілей "Зеленого курсу" передбачає:

1) принципову трансформацію технологічного укладу галузей виробництва<sup>2</sup>, які є найбільшими споживачами видів викопного палива, у бік їх екологізації<sup>3</sup>;

2) декарбонізаційно-орієнтовану податкову реформу<sup>4</sup>;

3) зміну експортної політики щодо посилення конкурентних бар'єрів для входу на "екологічно чисті" внутрішні ринки на підставі показників карбоноємності життєвого циклу кінцевого продукту та її інтерналізації (врахування в собівартості).

Станом на 2022 р. конкретизований план дій і фінансові механізми щодо досягнення "вуглецевої нейтральності" та запобігання "відпливу вуглецю" розроблено та офіційно затверджено лише Європейською Комісією (European Commission, 2019), проте науковою та бізнес-спільнотою розпочато чимало досліджень щодо оцінювання економічних наслідків упровадження ринкових регуляторів вуглецевої місткості та декарбонізації економіки.

Слід відзначити оцінку впливу вартості вуглецю 2005-2018 рр. і безкоштовних квот на викиди парникових газів на рішення бізнесу про завантаження потужностей або розміщення виробництва (Åhman,

<sup>2</sup> Енергетичний сектор, автомобілебудування, транспортний і сільськогосподарський сектори, металургійна та цементна промисловість тощо.

<sup>3</sup> Перехід на альтернативні "зелені" та відновлювані джерела енергії: "зелений водень", сонячну, вітрову та гідроенергію, енергію біопалива.

<sup>4</sup> Збільшення складової "вуглецевого податку" в собівартості виробництва й експорту продукції.

Arensa, Vogla, 2020); аналіз наслідків упровадження вуглецевого податку на динаміку експорту (Zachmann, McWilliams, 2020; Pyrka, Boratyński, Tobiasz, Jeszke, Sekuła, 2020); оцінку стимулюючого ефекту створення спеціалізованих ринків "зелених матеріалів" для поширення виробництва низьковуглецевих матеріалів за рахунок субсидій, "контрактів на різницю", введення стандартів і маркування вуглецевої місткості для матеріалів, підтримку НДДКР та фінансування пілотних проєктів (Nilsson, Bauer, Åhman et al., 2021; Garnadt, Grimm, Reuter, 2020); дослідження феномена "впливу вуглецю" – перенесення виробництва із значним обсягом викидів або споживанням енергоресурсів до країн, за юрисдикцією яких не передбачено суттєвих вуглецевих податків (Acworth, Kardish, Kellner, 2020); розроблення сценаріїв соціально-економічного розвитку в залежності від логіки декарбонізації економіки (Порфирьев, Широу, Колпаков, Единак, 2022); сценарне прогнозування розвитку ринків ЄС для товарів, охоплених механізмом транскордонного вуглецевого регулювання (Bleischwitz et al., 2018; Krausmann et al., 2020; Haberl et al., 2021; Virag et al., 2021; Башмаков, 2022).

Відповідно до джерела (Верховна Рада України, 2021) серед орієнтирів, принципів і цінностей економічної політики України на 2030 р. визначено декарбонізацію економіки (підвищення енергоефективності, розвиток відновлюваних джерел енергії, розвиток циркулярної економіки та синхронізація з ініціативою "Європейський зелений курс"), у тому числі: декарбонізацію промисловості та транспортної галузі з метою досягнення цілей кліматичної нейтральності не пізніше 2060 р. За даними (Представництво України при Європейському Союзі, 2021) з 13 серпня 2020 р. розпочато переговори щодо долучення України до "Європейського зеленого курсу" з урахуванням "Угоди про Асоціацію" та визначення способів підтримки Україні відповідними установами ЄС у переході до

"зеленої" економіки. Упродовж наступних 2020-2021 рр. також вжито заходів щодо:

обміну інформацією та підвищення обізнаності широкого кола фахівців про декарбонізаційні ініціативи Євросоюзу, доступні для українських учасників (19.11.2020 р.);

формування Міжвідомчої робочої групи з питань координації подолання наслідків зміни клімату в рамках "Європейського зеленого курсу" (19.01.2021 р.) для гармонізації відомчих і бізнес-стратегій, вироблення спільної позиції уряду України щодо визначення рівня кліматичних амбіцій та кроків щодо їх реалізації;

схвалення постанови "Про утворення робочої групи для узгодження підходу щодо застосування до України механізму коригування вуглецю на кордоні для проведення консультацій з Європейською Комісією" (24.03.2021 р.).

Метою статті є оцінювання поточної карбоємності та форсайт-перспектив декарбонізації національного промислового комплексу України за базовим й оптимістичним сценаріями.

Як зазначено вище, глобальний карбоновий слід безперервно зростає з 1990 р. для переважної більшості<sup>1</sup> секторів глобальної економіки (рис. 1). Як свідчить галузева структура емісії парникових газів за обсягом викидів, переважають такі сектори: електропостачання та опалення (англ. Electricity & Heat)  $\approx 30\%$  загальної емісії, дорожній транспорт (англ. Transport)  $\approx 15\%$ , будівництво (англ. Construction)  $\approx 12\%$  та сільське господарство (англ. Agriculture)  $\approx 11,5\%$ . За темпами зростання карбоємності галузей найбільше посилення технологенного навантаження спостерігалось в таких секторах: промислове виробництво (англ. Industry) – (+174%); авіація та судноплавство (англ. Aviation & Shipping) – (+97%); електропостачання та опалення –

<sup>1</sup> Спадну динаміку демонструє лише сектор земле- та лісокористування (англ. Land-Use Change & Forestry).

(+74%), дорожній транспорт – (+71%), будівництво – (+54%). Розглянуті сектори глобальної промисловості є найбільш карбоново-залежними або карбоново-вразливими через те, що визначально мають значний вуглецевий слід або потенціал для його наростання.

Порівняння секторального складу глобального карбонового сліду (див.

рис. 1) із структурою ВВП України за виробничим методом (рис. 2) свідчить, що 4 найбільш карбоноємні сектори економіки (електропостачання та опалення, сільське господарство, дорожній транспорт, будівництво), які відповідальні за 75,3% емісії CO<sub>2</sub>-екв. у світі, посідають важливе місце в національній економіці та сумарно складають майже 22% ВВП України.

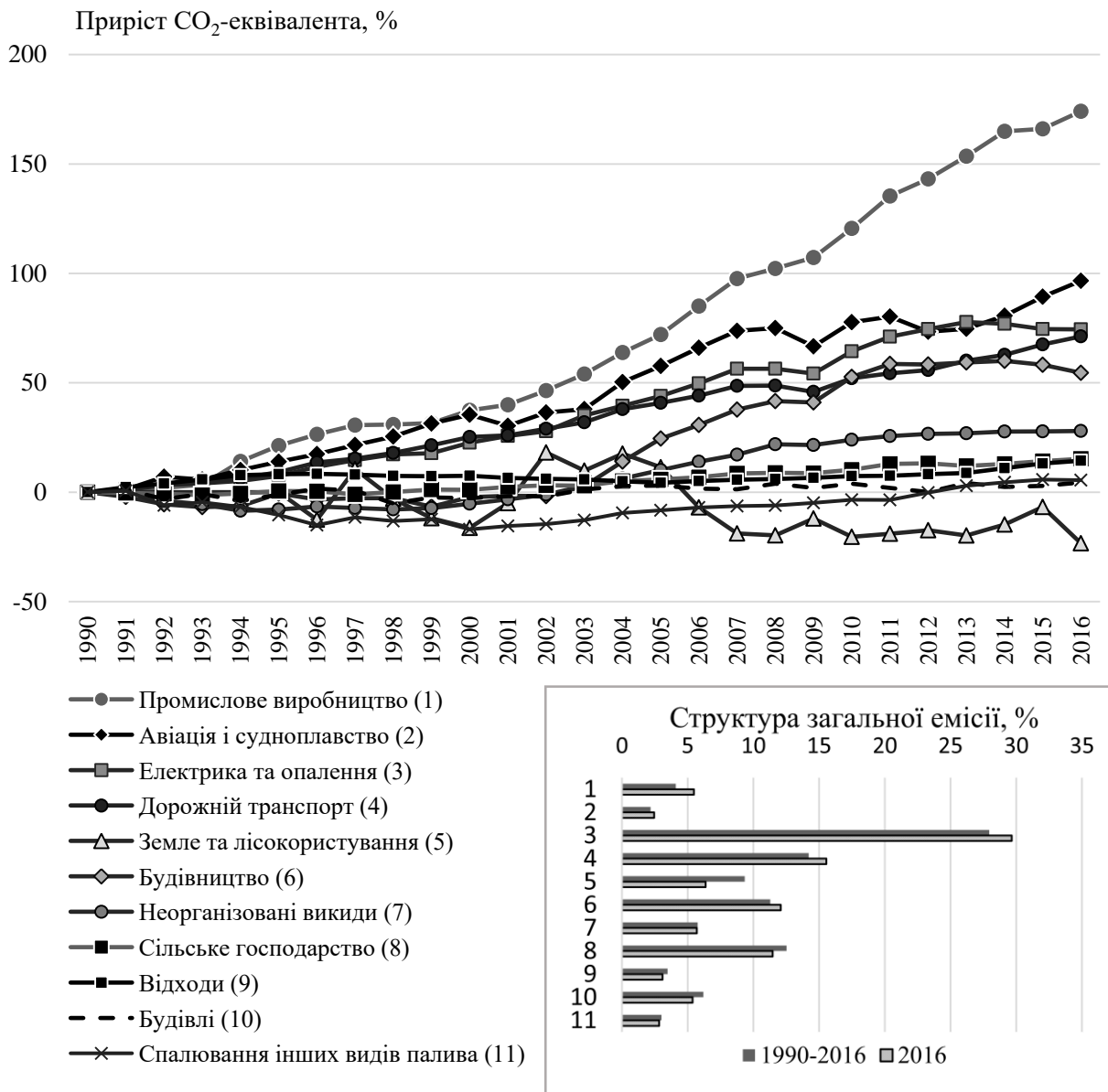
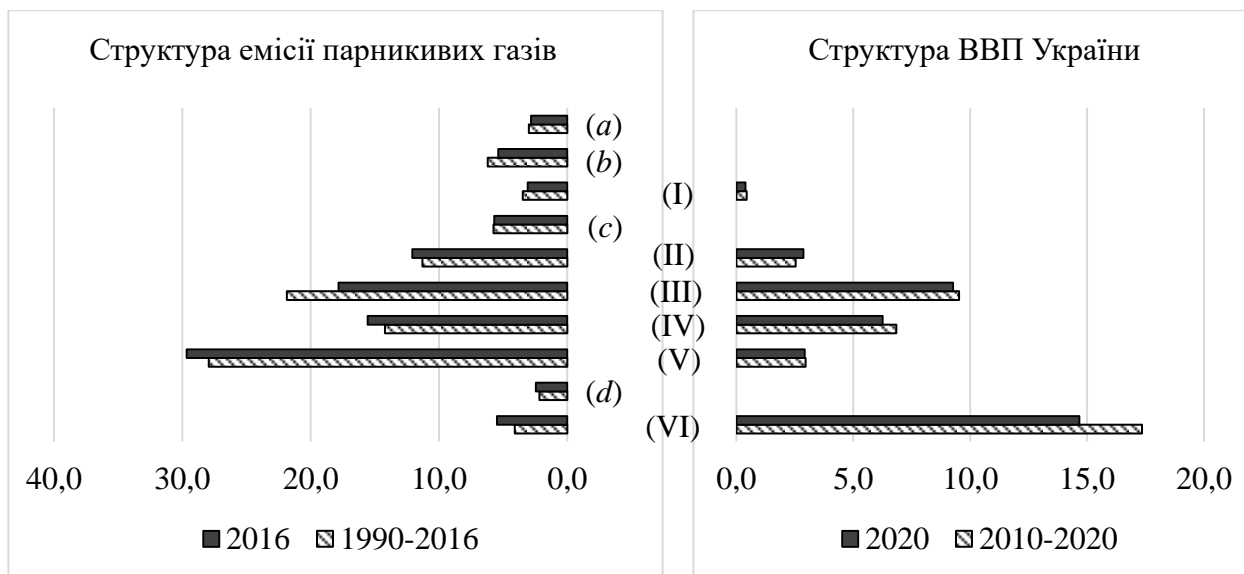


Рисунок 1 – Приріст викидів парникових газів за галузями у світі (CO<sub>2</sub>-екв.) порівняно з 1990 р., %

Джерело: складено за САІТ Climate Data Explorer, and downloaded from the Climate Watch Portal. Available here: <https://www.climatewatchdata.org/data-explorer/historical-emissions>.



Умовні позначення:

Класифікація секторів економіки за:		складом ВВП України за виробничим методом (Державна служба статистики України)	
складом емісії парникових газів (наукове онлайн-видання "Our World in Data")		складом ВВП України за виробничим методом (Державна служба статистики України)	
a	3,0	Спалювання інших видів палива	
b	6,2	Будівлі	
I	3,5	Відходи	Водопостачання; каналізація, поводження з відходами 0,44
c	5,8	Неорганізовані викиди	
II	11,3	Будівництво	Будівництво 2,54
III	21,9	Сільське господарство + Земле- та лісокористування	Сільське, лісове та рибне господарство 9,52
IV	14,2	Дорожній транспорт	Транспорт, складське господарство, пошта-ва та кур'єрська діяльність 6,84
V	27,9	Електропостачання та опалення	Постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря 2,96
d	2,2	Авіація та судноплавство	
VI	4,1	Переробна промисловість	Переробна промисловість + Добувна промисловість і розроблення кар'єрів 17,35

Рисунок 2 – Секторальна структура емісії парникових газів і ВВП України за виробничим методом, %

Джерело: складено за (Climate Watch Portal, 2021; Державна служба статистики, 2021a).

Також слід відзначити, що сектори "переробна промисловість" і "добувна промисловість і розроблення кар'єрів" (за класифікацією Державної служби статистики України), на які припадає в середньому 17% ВВП України, демонструють найвищу тенденцію до приросту карбоноємності згідно з даними рис. 1 (сектор "промислового виробництва" за класифікацією нау-

кового онлайн-видання "Our World in Data").

Отже, за детермінантами карбоноємності економіки Україна демонструє дві протилежні тенденції, що визначають поточну ситуацію у формуванні карбонового сліду.

З одного боку, на тлі тотального зростання емісії парникових газів у світі та найбільших економіках, які активно розви-

ваються (Climate Watch Portal, 2021), внесок України у глобальний карбоновий слід становить менше 1% та з 1986 р. зберігає спадну динамку (рис. 3). Так, станом на 2020 р. карбоновий слід економіки України зменшився майже у 3,5 раза (з 742,19 до 213,91 млн т CO<sub>2</sub>-екв.). При цьому хоча загальна карбоємність на 1 дол. ВВП

України за 1990-2019 рр. залишається вище середньосвітового показника, вона також зберігає сприятливу спадну тенденцію (рис. 4). Тому розходження між українським та середньосвітовим показниками скоротилося з 2 разів у 1990 р. до 1,2 раза у 2019 р.

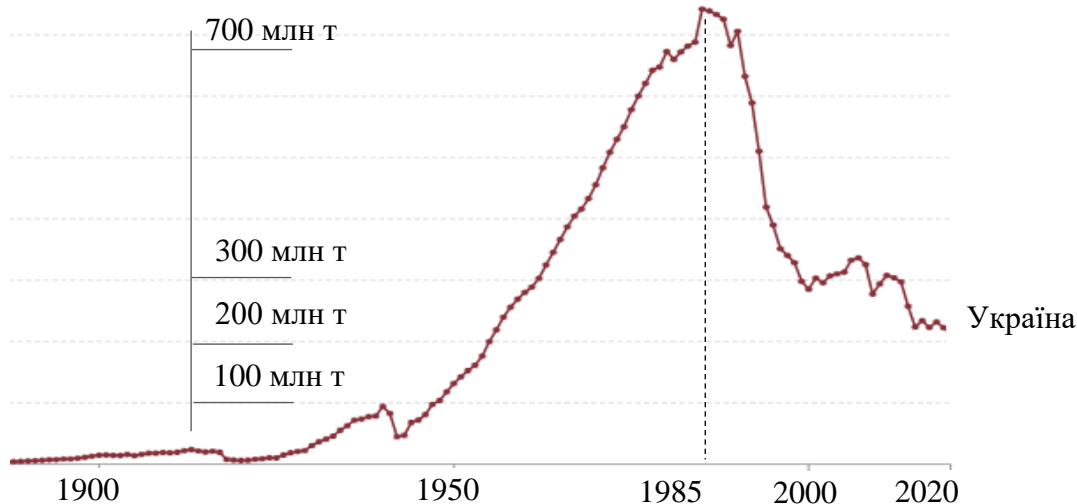


Рисунок 3 – Динаміка емісії парникових газів в Україні

Джерело: складено за (Our World in Data, 2021).

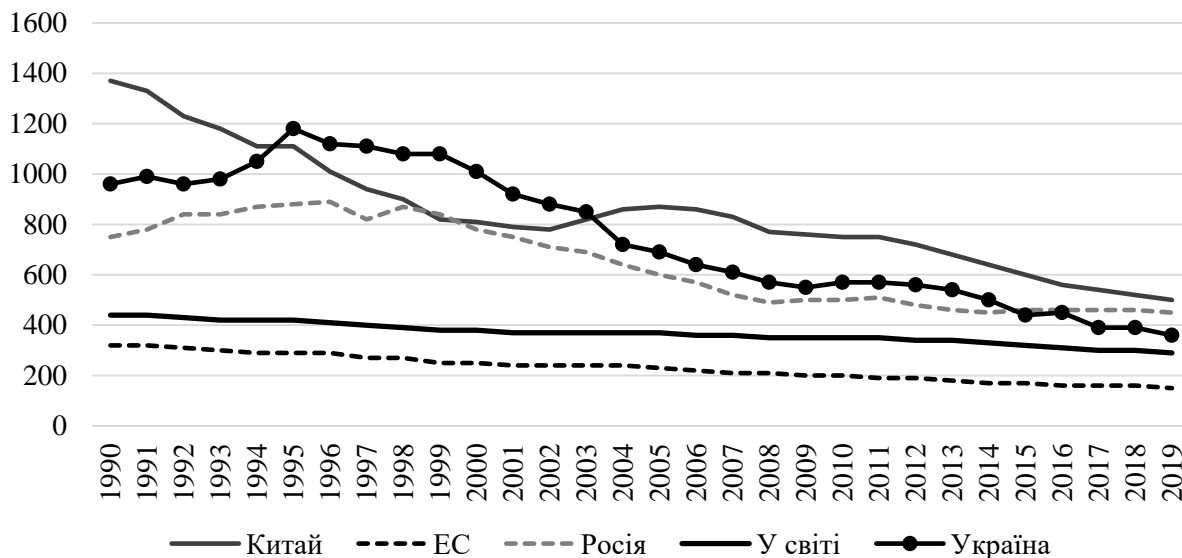


Рисунок 4 – Викиди CO<sub>2</sub> / дол. США ВВП за країнами та групами у 1990-2019 рр.

Джерело: складено за (Olivier, Peters, 2020, р. 68).

З іншого боку, з 2016 р. в Україні статистично враховуються лише викиди парникових газів від стаціонарних джерел,

тобто здебільшого карбоновий слід промисловості (Державна служба статистики України, 2021b). У складі ВВП переважа-

ють карбоноємні сектори, що демонструють схильність до прискореного зростання техногенного навантаження. При цьому рівень карбоноємності на 1 дол. ВВП України, незважаючи на позитивні тенденції, все ще у 2,4 раза вище, ніж у країнах Євросоюзу, та його зменшення переважно зумовлене спадними тенденціями в розвитку промислового сектору. Цей висновок під-

тверджується щільною кореляцією динаміки емісії CO<sub>2</sub> за статистичними даними України з динамікою доданої вартості у промисловості (рис. 5), а також низьким рівнем розвитку альтернативної енергетики (не перевищує 5% енергобалансу України), заснованої на екологічно чистих відновлювальних джерелах енергії.

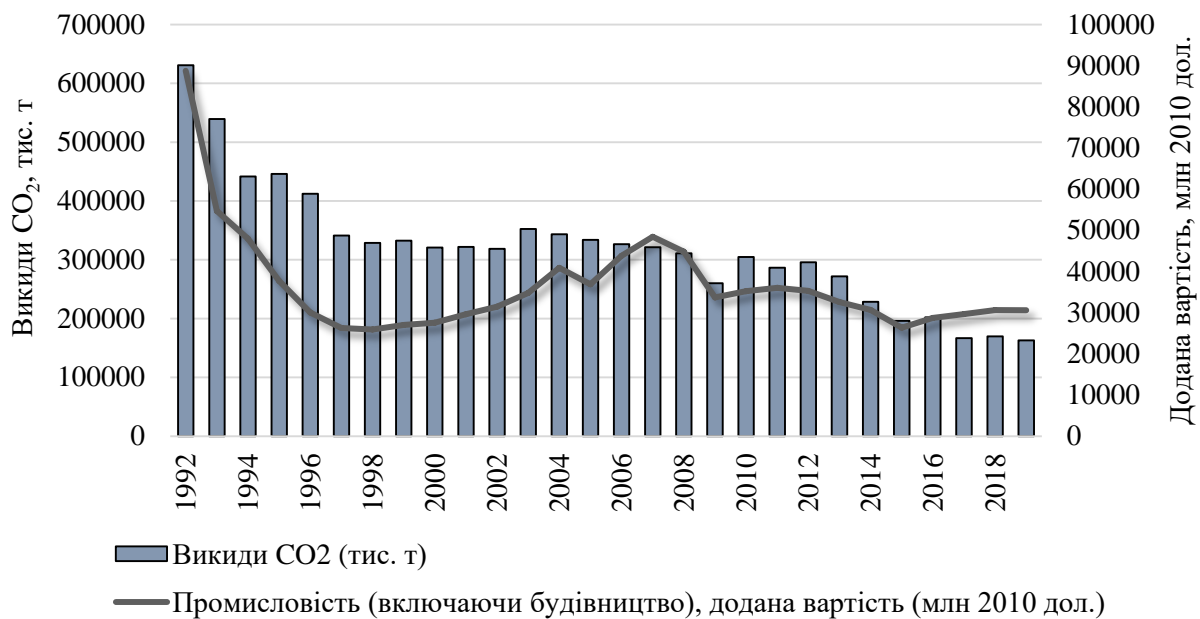


Рисунок 5 – Динаміка викидів CO<sub>2</sub> в Україні відповідно до динаміки промислового сектору

Джерело: складено за (The World Bank Group, 2020).

Пандемія COVID-19 та зумовлене нею критичне падіння економічної активності є головними чинниками, які перервали негативну загальносвітову тенденцію зростання карбонового сліду. У всіх великих промислово розвинутих країнах, за винятком Китаю, емісія CO<sub>2</sub> скоротилася (табл. 1). Максимальний результат досягнуто в енергетичному секторі ЄС-27 (-13,9% емісії) у цілому глобальні викиди CO<sub>2</sub> у 2020 р. скоротилися на 5,1% – майже до рівня викидів, зареєстрованого в 2013 р. (36,0 Гт CO<sub>2</sub>) (European Commission, 2021a, р. 19-20).

В Україні також зафіксовано скорочення карбонового сліду під час пандемії –

на 4% в енергетиці, по 2% в секторах "будинки", "транспорт" та "інші види промислового спалювання", а також на 8% в інших секторах економіки (European Commission, 2021a, р. 236). Отже, виходячи з поточної динаміки та умов формування емісії парникових газів, економіка України належить до економік світу з карбоноємністю ВВП вище за середньосвітовий та європейський рівні, проте не перевищує рамок встановленої квоти. При цьому позитивні тенденції скорочення карбоноємності зумовлені деструктивними в довгостроковій перспективі явищами – деіндустріалізацією економіки та економічною стагнацією внаслідок пандемії.

Таблиця 1 – Відсоткові зміни емісії CO<sub>2</sub> за 2019-2020 рр. у найбільших джерелах викидів за макросекторами, %

Країна	Частка глобальних викидів CO <sub>2</sub> , що припадає на сектор у 2020 р.				
	9,4%	36,5%	20,3%	21,7%	12,1%
	Будинки	Енергетична промисловість	Транспорт	Інші види промислового спалювання	Інші сектори
У світі загалом	-4,3	-4,5	-11,7	-3,2	1,1
Китай	2,2	0,8	2,3	1,2	3,4
США	-4,1	-12,3	-12,1	-6,0	-4,4
ЄС-27	-7,4	-13,9	-12,9	-9,6	-1,0
Індія	-8,3	-5,6	-9,4	-6,3	-0,7
РФ	-6,8	-7,4	-5,6	-6,5	1,8
Японія	-8,5	-4,9	-11,3	-7,5	-5,0
<b>Україна</b>	<b>-2,0</b>	<b>-4,0</b>	<b>-2,0</b>	<b>-2,0</b>	<b>-8,0</b>

Джерело: складено за (European Commission, 2021a, с.19, 236).

Припускаючи, що зменшення техногенного навантаження, зумовлене економічною та епідеміологічними кризами, має тимчасовий характер, при збереженні традиційних карбоноємних технологічних укладів, емісія CO<sub>2</sub>-еквівалента здатна повернутися на докризовий рівень після поліпшення соціально-економічної ситуації – реіндустріалізації економіки України, припинення "економічних локдаунів" та зростання потужностей виробництва.

Майбутня динаміка карбоноємності промисловості України зумовлена поєднанням таких передумов:

звуження рамок квоти на емісію парникових газів до її вичерпання у 2060 р., за наголошеними намірами Уряду України (Кабінет Міністрів України, 2020; Урядовий портал, 2021; Верховна Рада України, 2021);

підвищення вартості викидів вуглецю (за 1 т CO<sub>2</sub>-екв.) у формі податків для внутрішніх товаровиробників України (Державна фіскальна служба України, 2020) та додаткових податків для українських експортерів на ринку ЄС (у рамках компенсаційного механізму трансграничного вуглецевого регулювання) (IEA, 2020; ICAP, 2020);

визначення стратегічними пріоритетами розвитку законодавчого рівня декарбонізації та цифровізації економіки, стимулювання експорту та внутрішнього споживання, забезпечення конкурентоспромож-

ності промисловості України шляхом реіндустріалізації на інноваційній основі, продовження ланцюга створення доданої вартості кінцевої продукції в сільському господарстві (Кабінет Міністрів України, 2020; Урядовий портал, 2021; Верховна Рада України, 2021);

повільні темпи розвитку альтернативних неуглецевих джерел енергії, висока залежність енергобалансу України від вуглецевих копалин та атомної енергетики з потенційно високими екологічними ризиками (Державна служба статистики України, 2020);

низька інвестиційна активність в екологічній сфері та низька екологічна окупність інвестицій у цифрові технології, властива для кластера "наздоганяючих", до яких віднесено економіку України (Vishnevsky, Harkushenko, Zanizdra, Kniaziev, 2021).

Зменшення квоти на емісію CO<sub>2</sub>-еквівалента. За офіційними джерелами (Урядовий портал, 2021), декарбонізацію економіки України визначено "логічним продовженням євроінтеграційного курсу". У зв'язку з цим схвалено "Оновлений національний визначений внесок України до Паризької угоди щодо клімату" (НВВ2), де "закладено таку мету: до 2030 р. скоротити викиди парникових газів до рівня 35% порівняно з 1990 р." Проте на Конференції ООН щодо зміни клімату КС-26 у Глазго

(31.10-12.11.2021 р.) (Іваницький, 2021) Президентом України наголошено на збільшенні цих зобов'язань, а саме на "скороченні викидів парникових газів на 65% від рівня 1990 р. до 2030 р. і досягнення кліматичної нейтральності не пізніше 2060 р." Отже, оскільки щорічна квота України на емісію парникових газів за "Кіотським протоколом" складала 920 млн т викидів CO<sub>2</sub>-екв., ліміт 2030 р. становитиме 322 млн т, у той час як фактично зафіксований рівень емісії парникових газів в Україні з 2015 р. становить 223,8-213,9 млн т щорічно (Our World in Data CO<sub>2</sub> and GHG Emissions Dataset, 2021). Тобто у 1,5 раза менше квоти, що дозволяє продавати невикористовувані одиниці в межах "системи торгівлі квотами"<sup>1</sup> (СТК – англ. emissions trading system).

За умов збереження поточного спадного тренду емісії парникових газів в Україні встановлена квота 35% від рівня 1990 р. (322 млн т CO<sub>2</sub>-екв.) буде вичерпана у 2040 р. (рис. 6). Тобто фактичних темпів декарбонізації промисловості України недостатньо для виконання добровільних зобов'язань України щодо досягнення "вуглецевої нейтральності" у 2060 р., яка потребує модернізації технологічних укладів.

*Вуглецеве ціноутворення.* Світовий банк нарахував 64 діючі або заплановані (які мають дату початку дії) ініціативи з вуглецевого ціноутворення, у тому числі 31 СТК і 30 податків на викиди вуглецю (ІЕА, 2020), які покривають 22,3% глобальних викидів парникових газів. За оцінками Міжнародного енергетичного агентства (англ. International Energy Agency – ІЕА), для досягнення цілей "Паризької угоди з клімату" необхідно довести поточні середньосвітові ціни (або вуглецеві податки – англ. carbon tax) до 40-80 дол. / т CO<sub>2</sub>-екв. і навіть до 50-100 дол. / т CO<sub>2</sub>-екв. до 2030 р. (ІСАР, 2020). Фактичні ціни на вуглець

широко варіюються для різних СТК світу – від 1 до 127 дол. за 1 т CO<sub>2</sub>-екв. (у Швеції), а середня ціна становить 10 дол. США за 1 т CO<sub>2</sub>-екв. (табл. 2) (ІЕА, 2020). Лише 5% поточних цін на вуглець у світі перебувають на рівні, що відповідає траєкторіям викидів за цілями "Паризької угоди", і менше 4% – на рівні, відповідному траєкторіям викидів у сценарії сталого розвитку Міжнародного енергетичного агентства. При цьому внаслідок пандемії COVID-19 було відкладено підвищення ставок вуглецевого податку в деяких країнах і відбулося зниження ринкових цін у рамках СТК через зміну структури попиту.

Слід також зазначити, що в результаті аналізу даних 18 країн (див. табл. 2) не знайдено достатньо сильного кореляційного зв'язку між розміром ставок вуглецевого податку та енергоємністю ВВП (максимальний R<sup>2</sup>=0,2), а також вуглецевим податком і часткою відновлюваних джерел в енергобалансі країни (максимальний R<sup>2</sup>=0,3). Країни з високими цінами на вуглець і питомою вагою відновлюваних джерел (Фінляндія, Швеція та Норвегія) можуть характеризуватися енергоємністю ВВП більшою, ніж країни з меншими ставками вуглецевих податків і меншою часткою альтернативних джерел енергії (наприклад, Японія, Великобританія, Португалія та ін.) (рис. 7). Так, Швейцарія з ціною на вуглець вище, ніж у Фінляндії, також має значно меншу частку альтернативних джерел енергії та меншу енергоємність ВВП, ніж Фінляндія.

Серед розглянутих країн Україна характеризується найменшою ставкою за викиди вуглецю, одним із найнижчих показників частки відновлюваних джерел і найвищою енергоємністю ВВП. Вуглецевий податок (визначений розділом VIII Податкового кодексу України) впроваджено як ставку за викиди двоокису вуглецю (CO<sub>2</sub>) у складі загального екологічного податку у 2011 р. За даними (Державна фіскальна служба України, 2020) розмір вуглецевого податку в Україні становить близько 0,3 євро / т CO<sub>2</sub>, що є одним із найменших показників у світі (див. табл. 2).

<sup>1</sup> Реалізація принципу "вуглецевої нейтральності" економіки у 2060 р. також визначає поступове припинення функціонування СТК, а отже, усунення можливості отримання доходів для України за рахунок реалізації надлишку квоти.

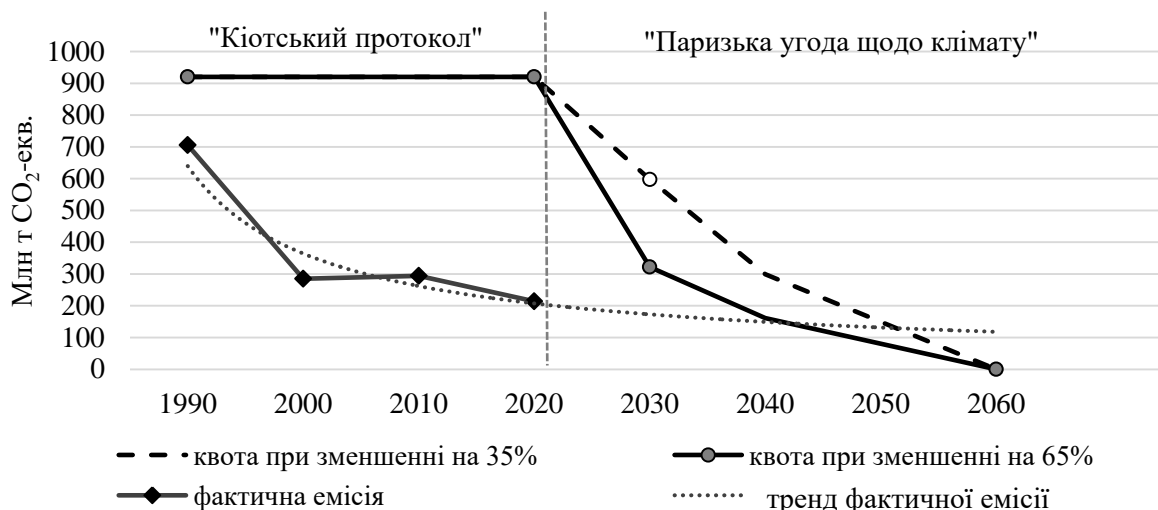


Рисунок 6 – Динаміка фактичної та прогнозованої емісії парникових газів відносно офіційної квоти для України, млн т CO<sub>2</sub>-екв.

Джерело: складено за (Кабінет Міністрів України, 2020; Верховна Рада України, 2021; Урядовий портал, 2021; Іваницький, 2021).

Таблиця 2 – Декарбонізаційний вплив вуглецевого податку

Країна	Ставка вуглецевого податку, євро/т CO <sub>2</sub>	Рік імплементації податку	Енергоємність ВВП, т.н.є./1000 дол.	Частка відновлюваних джерел енергії в енергобалансі, %
Польща	1	1990	0,11	11,8
Фінляндія	73		0,19	39,3
Норвегія	56	1991	0,12	69,4
Швеція	140		0,15	53,9
Данія	27	1992	0,1	30,8
Латвія	6	1995	0,18	37,6
Словенія	20	1996	0,14	22
Естонія	2	2000	0,22	28,6
Франція	36	2009	0,12	15,2
Швейцарія	87	2008	0,08	15
Ірландія	24	2010	0,08	9,2
Україна	0,3	2011	0,3	6,8
Японія	3	2012	0,11	10,1
Великобританія	24	2013	0,09	8,2
Португалія	8	2014	0,1	28
Мексика	3		0,12	7
Чилі	5		0,13	22,2
Південна Африка	7	2015	0,25	16,9

Джерело: складено за (Державна фіскальна служба України, 2020).

При цьому 09.11.2020 р. у Верховній Раді України зареєстровано законопроект "Про внесення змін до Податкового кодексу України щодо перегляду ставок окремих податків" (№ 4346), у якому пропонується

збільшення ставки податку на викиди CO<sub>2</sub> до 30 грн за 1 т викидів з метою забезпечення джерел фінансування енергоефективних заходів (Державна фіскальна служба України, 2020).

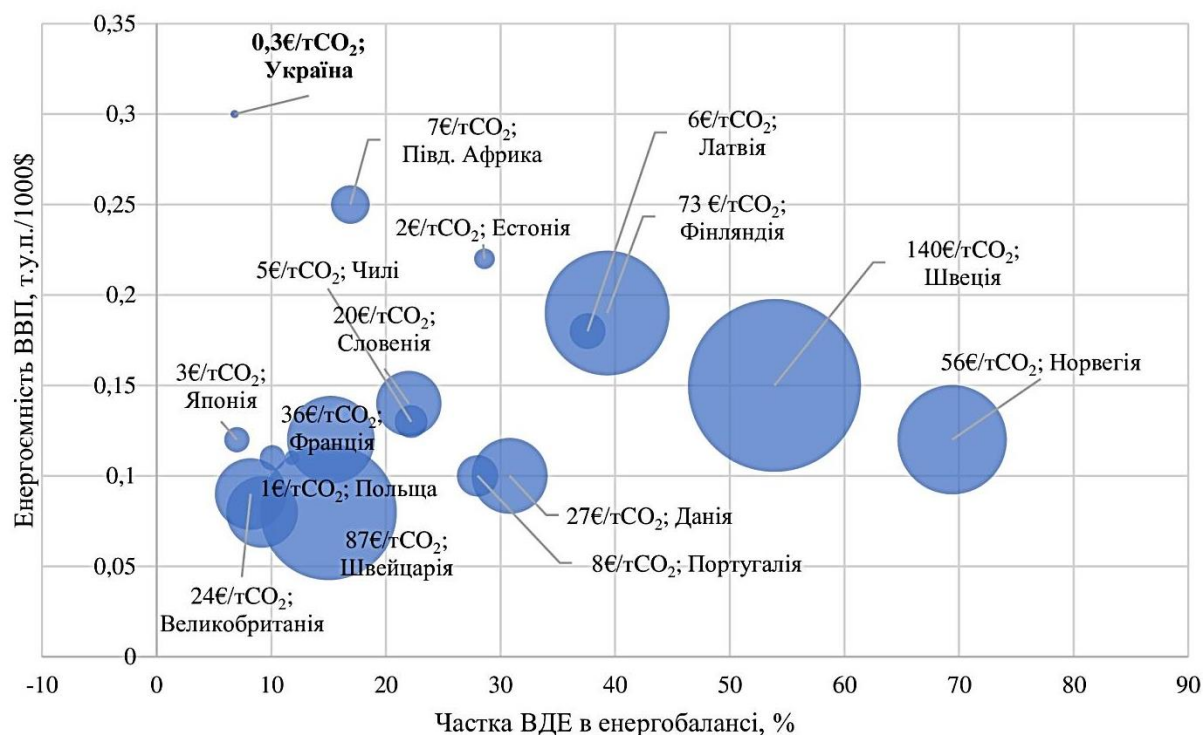


Рисунок 7 – Відношення ставок вуглецевого податку (O), енергоємності ВВП (x) та частки відновлюваних джерел в енергобалансі (y)

Джерело: складено за (Державна фіскальна служба України, 2020).

Стратегічні пріоритети розвитку промисловості України. Відповідно до форсайт-дослідження структури майбутньої економіки України на часових горизонтах 2015-2020 і 2020-2030 рр. (Форсайт економіки України, 2015, с. 46-51), у якому

оцінено потенціал розвитку пріоритетних кластерів економіки за умов їх переходу на технології V і VI технологічних укладів, переважна більшість (6 із 9 напрямів) перспективних кластерів належать до "розумних" галузей і сфер діяльності (табл. 3).

Таблиця 3 – Пріоритетні кластери майбутньої економіки України

Кластер економіки	Внесок у загальне зростання економіки, %		Часовий інтервал зростання кластера (роки)
	2015-2020	2020-2030	
Аграрний сектор	14	17	2015-2020
Військово-промисловий комплекс	13	15	2015-2030
Інформаційно-комунікаційні технології	8	12	2015-2020
Розроблення нових речовин і матеріалів, нанотехнології	7	12	2020-2025
Енергетика	7	11	2017-2025
Високотехнологічне машинобудування	6	8	2020-2025
Розвиток транзитної інфраструктури	2	5	2020-2030
"Науки про життя" (біомедична інженерія, клітинна медицина, фармацевтика)	1	5	2020-2025
Туризм	2	5	2017-2025
Інші кластери	40	10	2017-2030

Джерело: (Форсайт економіки України, 2015, с. 73).

При цьому кластери "Аграрний сектор" (14-17% в загальне зростання економіки), "Енергетика" (7-11%) та "Розвиток транзитної інфраструктури" (2-5%) належать до потенційно карбоноємних:  $\approx 12$ ;  $\approx 30$  та  $\approx 15\%$  загальної світової емісії парникових газів відповідно. Тому переорієнтація економіки України на їх пріоритетний розвиток без підвищення технологічного укладу може суттєво змінити ситуацію у формуванні карбонового сліду для промисловості на гірше.

Згідно із стратегічною програмою Кабінету Міністрів України "Вектори економічного розвитку 2030" (Кабінет Міністрів України, 2020) для секторального напрямку "промисловість" визначено такі стратегічні пріоритети:

стимулювання експорту та внутрішнього споживання, а також забезпечення конкурентоспроможності промисловості України шляхом виконання вимог ЄС щодо регулювання викидів  $\text{CO}_2$  станом на 2030 р.;

створення нових виробництв та активізація інноваційної діяльності.

Питома вага зовнішньої торгівлі України з країнами ЄС-28 за 2010-2020 рр. зросла з 25,5 до 37,8% (41,5% у 2019 р.) за обсягами експорту та з 31,5 до 43,9% (41,1% у 2019 р.) – імпорту (Державна служба статистики України, 2021с). У натуральному вираженні у 2020 р. це становило 23,7 млрд дол. США експортних надходжень та 32,8 млрд дол. США імпортних витрат. При цьому категорії експортних товарів<sup>1</sup>, що за прогнозами підпадуть під додаткове оподаткування вуглецевим податком Євросоюзу, становлять  $\approx 19,74\%$  загальних експортних надходжень України у 2020 р. ( $\approx 9,7$  млрд дол. США). Отже, введення додаткового вуглецевого податку для експортерів на ринок ЄС (орієнтовно у

<sup>1</sup> Передбачається, що під вуглецеве оподаткування підпадуть: цемент, електроенергія, добрива, алюміній та його сплави, залізо і нелегвана сталь.

2026 р. у рамках механізму транскордонного вуглецевого регулювання, англ. Carbon Border Adjustment Mechanism – CBAM) та зростання собівартості імпортованої продукції з європейського ринку мають потенціал істотного впливу на результати зовнішньоекономічної діяльності вітчизняних товаровиробників і зменшення купівельної спроможності споживачів.

Упровадження CBAM супроводжується певними ризиками для внутрішніх виробників Євросоюзу й експортерів CBAM-товарів (нафтопродукти, продукція хімії, чорна металургія, кольорові метали, целюлозно-паперова промисловість) із наднизьким запасом рентабельності для компенсації зростання вуглецевої складової ціни експортної продукції на ринки ЄС (Башмаков, 2022) (табл. 4). Згідно з експертними оцінками (Görlach et al., 2020; Garnadt et al., 2020; Pürka et al., 2020; van Schaik, 2021; Zachmann, McWilliams, 2020; European Commission, 2021b; Башмаков, 2022) декарбонізаційна політика Євросоюзу створює ризики втрати ринкової ніші та перерозподілу товарних й інвестиційних потоків не лише для країн-експортерів ЄС, але і для внутрішніх виробників та через це не характеризується високим рівнем підтримки у приватного бізнесу.

За результатами моделювання<sup>2</sup> динаміки експорту CBAM-товарів виробниками РФ, які посідали три перших місця за обсягом експорту чорних металів, добрив та алюмінію на ринок ЄС у 2016-2020 рр., при зростанні цін на вуглець втрати доходів від експорту у 2026 р., коли починає діяти CBAM, оцінено на рівні 200 млн дол., у 2030 р. – 0,7-1,2 млрд, у 2050 р. – 1,3-2 млрд (Башмаков, 2022, с. 100). Таким чином, так званий ефект "низьковуглецевих лещат"

<sup>2</sup> За імітаційною моделлю CBAM-RUS, що враховує ефекти "низьковуглецевих лещат": зниження попиту на ринку ЄС унаслідок збільшення цін усіма постачальниками; збільшення постачання товару на ринок ЄС конкурентами з меншою карбоновою місткістю та нижчою вуглецевою складовою експортної ціни.

Таблиця 4 – Конкурентні ризики, зумовлені впровадженням СВАМ

Ризики для підприємців Євросоюзу	Ризики для експортерів СВАМ-товарів на європейський ринок
<p>1. Скорочення завантаження або виведення існуючих потужностей унаслідок зростання обсягу імпорту та інвестицій у виробництво країн із "м'яким" вуглецевим регулюванням. Вважається найбільш суттєвим для нафтопродуктів, продукції хімії, чорної металургії, кольорових металів, целюлозно-паперової промисловості. Відповідно до (European Commission, 2021b; Görlach et al., 2020) прогнозуються високі ризики для "відпливу вуглецю" з ЄС до Росії, Китаю, США та Туреччини для сировинних товарів із потенційною часткою вартості вуглецю в ціні продукції понад 20% (Башмаков, 2022, с. 91).</p> <p>2. Втрати європейськими експортерами частини зовнішніх ринків при помітному підвищенні ціни на вуглець. Можливі втрати випуску СВАМ-товарів у ЄС оцінюються на рівні 1-3 (Pyrka et al., 2020).</p> <p>3. Скорочення обсягу виробництва через подорожчання сировини для підприємців ЄС і відповідне зниження обсягу експорту на 1%. При цьому очікується компенсація за рахунок продукції інших секторів (European Commission, 2021b).</p> <p>4. Зниження ефективності використання капіталу та робочої сили.</p> <p>5. Політичний опір запровадженню механізмів, подібних до СВАМ, і скасування чинного стимулюючого механізму щодо безкоштовного виділення квот на емісію парникових газів через низький рівень підтримки "зеленого курсу" бізнес-середовищем.</p> <p>6. Ефект "каскадного протекціонізму", виникнення суперечності чинним правилам СОТ, втрата частини союзників із низьковуглецевої трансформації з-поміж розвинутих країн і країн, які розвиваються (Garnadt et al., 2020; Pyrka et al., 2020; van Schaik, 2021; Zachmann, McWilliams, 2020; Башмаков, с. 93)</p>	<p>1. Втрата ринкової ніші та падіння рентабельності експортерів високовуглецевої продукції при жорсткій цінній конкуренції на ринках СВАМ-товарів, обумовлені:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>нерівністю ставок вуглецевих податків та експортних мит на вивезення сировини в конкуруючих країнах;</li> <li>фазою насичення ринків;</li> <li>високою волатильністю експортних цін на СВАМ-товари;</li> <li>розбіжностями вуглецевої місткості життєвого циклу експортованої продукції;</li> <li>технологічними розривами виробничих комплексів та інвестиційними розривами фінансування НДДКР, пов'язаних із низьковуглецевими технологіями, серед країн-експортерів (Башмаков, с. 94).</li> </ul> <p>2. Зниження ефективності економічної діяльності, використання капіталу та робочої сили через відсутність ефективних методик бенчмаркінгу (порівняльного аналізу з еталонними показниками) за питомими викидами парникових газів при виробництві базових матеріалів СВАМ-товарів в експортерів. Підвищується внаслідок запланованого зниження рівня бенчмаркінгу у ЄС до нуля у 2050 р. та високого рівня ціни на вуглець</p>

Джерело: складено за (Görlach et al., 2020; Garnadt et al., 2020; Pyrka et al., 2020; van Schaik, 2021; Zachmann, McWilliams, 2020; European Commission, 2021b; Башмаков, 2022).

для російських експортерів помітно зростає, незважаючи на очікувану компенсацію втрат за рахунок платежів європейськими імпортерами СВАМ-товарів із РФ. За експертними оцінками попередніх періодів потенційні втрати варіювалися в широкому діапазоні: від 80-100 млн до 5-8 млрд євро на рік із можливим зростанням до 2050 р. до 24 млрд євро на рік (КПМГ, 2020; Marcu et al., 2021; Широу, 2021; ИПЕМ, 2021).

Оскільки згідно з оцінками індексу глобальної конкурентоспроможності, який ураховує якість інститутів та інфраструктури, макроекономічну стабільність, кваліфікацію трудових ресурсів, ефективність ринків<sup>1</sup>, рівень технологічного розвитку, конкурентоспроможність підприємств та

<sup>1</sup> Ринку товарів та послуг, ринку праці, фінансового ринку.

інноваційний потенціал, Україна<sup>1</sup> поступається в рейтингу 2021 р. РФ<sup>2</sup> (Гуманитарний портал, 2022), доцільно очікувати, що її експортні позиції (без підвищення співпраці із "зеленими" інвестиційними інститутами ЄС) є більш вразливими.

Також при стратегічному плануванні інвестиційних проєктів із декарбонізації промисловості за рахунок цифрових технологій слід урахувати низьку екологічну окупність таких інвестицій, властиву для кластера "наздоганяючих", до якого віднесено економіку України (Vishnevsky, Harkushenko, Zanizdra, Kniaziev, 2021). Відповідно до куту нахилу ліній тренду на рис. 8, цифровізація економіки у кластерах Б та В має набагато менший позитивний ефект на екологічну ефективність економік, ніж в кластері А. Тобто зв'язок між просуванням цифрових технологій та екологічною ефективністю в кластерах "наздоганяючих" і країнах "аутсайдерів", що не належать до розвинутих економік, є не достатньо сильним. Без ув'язки із загальним рівнем розвитку економіки в цілому і технологій реального сектору зокрема, цифровізація не забезпечує екологічно сталого зростання. Тому для рішення проблеми декарбонізації української промисловості важливе значення має врахування специфіки національного науково-технічного розвитку, а також його загальна стратегічна спрямованість.

*Декарбонізація енергетичного сектору.* Енергоємність ВВП України за паритетом купівельної спроможності 2017 р. у 2019 р. скоротилася на 36,1% порівняно із показником 2007 р. і становила 0,092 т н.е./тис. міжнародних доларів (Державна служба статистики України, 2020). Загальне постачання енергії від відновлюваних джерел за 2007-2019 рр. збільшилося на 82,43%, відповідно їх частка у загальному постачанні за період 2007-2019 р. зросла з

1,7 до 5%. При цьому, кінцеве споживання енергії в цілому за 2007-2019 рр. зменшилося на 42,6%. Станом на 2020 р. за якісним складом енергопостачання від відновлюваних джерел на 77,3% забезпечено енергією біопалива та відходів (Державна служба статистики України, 2021d), 12,9% – гідроенергетикою та 4,6% – вітровою і сонячною енергією. При цьому, обсяги вироблення енергії у гідроенергетичній галузі скоротилися у 1,5 раза з 2007 р., у той час як обсяги використання біопалива та відходів збільшилися у 2 рази, а вітрової та сонячної енергії – у десятки разів.

Проте загальна частка "зеленої" енергії у загальному обсязі виробленої енергії залишається незначною<sup>3</sup>, а отже – недостатньою в контексті забезпечення "екологічної чистоти" енергетичної галузі. Відповідно до енергетичного балансу 2019 р., джерелом понад 70% виробленої енергії є спалювання фосильних копалин. Зокрема: вугілля та торфу – 28,98%, природного газу – 26,35%. Понад 24,5% представлено атомною електроенергією.

*Форсайт-сценарії декарбонізації промисловості України.* З урахуванням проаналізованих глобальних трендів і тенденцій щодо декарбонізації вітчизняної промисловості та ринкового регулювання вуглецевої ємності життєвого циклу продукції доцільно розглянути два варіанти розвитку ситуації у промисловому секторі України: за базовим та оптимістичним сценаріями.

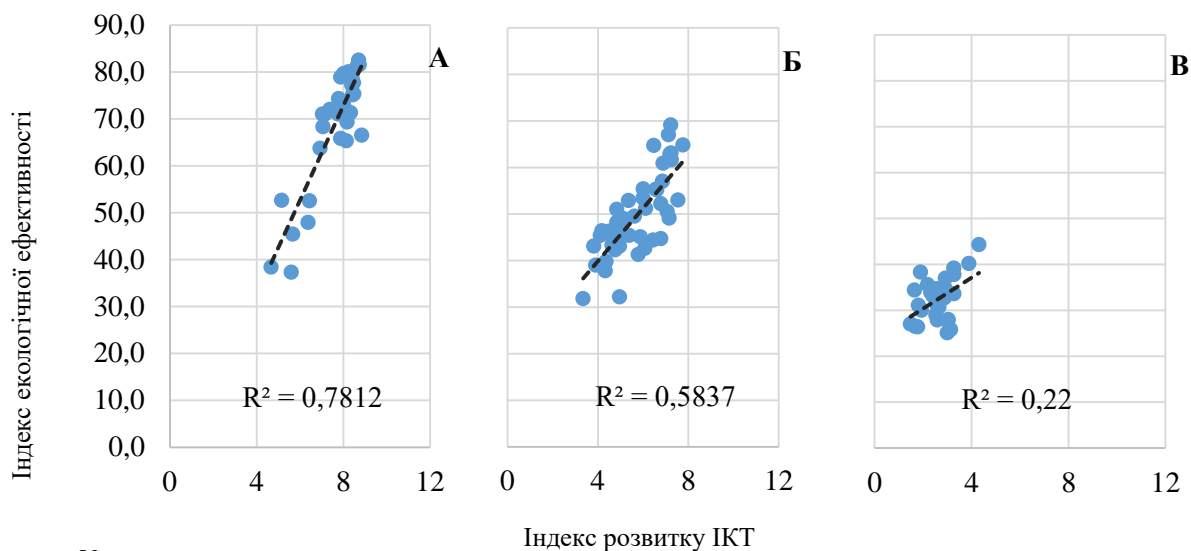
*Базовий сценарій* розвитку до 2035 р. передбачає екстраполяцію поточних тенденцій та явищ. Основними передумовами його реалізації є:

недостатність стимулів і фінансових можливостей щодо інвестування у впровадження низьковуглецевих технологій у виробництві;

<sup>1</sup> 85 місце в рейтингу 2021 р. та 57 балів за GCI-2022.

<sup>2</sup> 43 місце із 66,7 балами GCI-2022.

<sup>3</sup> Максимальний результат (2019 р.) становив 4,9%.



Умовні позначення:

А		Б	В
Кластери "лідери" та "переслідувачі" (країни з високим рівнем цифровізації)		Кластер "наздоганяючі" (країни із середнім рівнем цифровізації)	Кластер "аутсайтери" (країни з низьким рівнем цифровізації)
"лідери"	"переслідувачі"		
Швейцарія, Ірландія, Норвегія, Данія, Нідерланди, Швеція, Японія, Німеччина, Фінляндія, Австрія, США, Великобританія, Бельгія, Ізраїль, Франція, Канада, Австралія, Італія, Нова Зеландія, Словенія, Іспанія (21 країна)	Південна Корея, Чеська Республіка, Малайзія, Естонія, Словаччина, Угорщина, Китай, Філіппіни, Коста-Ріка, Тайланд, Мексика (11 країн)	Кіпр, Литва, Польща, Латвія, Греція, Португалія, Уругвай, РФ, Хорватія, Панама, Аргентина, Румунія, Чилі, Болгарія, Білорусь, Казахстан, Маврикій, Бразилія, Туреччина, Сербія, Македонія, Туніс, Грузія, Колумбія, Україна, Албанія, Південна Африка, Боснія та Герцеговина, Марокко, Йордан, Перу, Ліван, Домініканська Республіка, Сальвадор, Еквадор, Ямайка, Молдова, Алжир, Парагвай, Індонезія, Шрі Ланка, Єгипет, Монголія, Гватемала, Киргизька Республіка (45 країн)	Намібія, Болівія, Нікарагуа, Гондурас, Камбоджа, Індія, Кот-д'Івуар, Лаос, Сенегал, Лесото, Гамбія, Непал, Зімбабве, Бангладеш, Кенія, Нігерія, Замбія, Бенін, Камерун, Пакистан, Уганда, Танзанія, М'янма, Гвінея, Буркіна Фасо, Мадагаскар, Мозамбік, Ефіопія, Бурунді (29 країн)

Рисунок 8 – Залежність між індексами розвитку ІКТ та екологічною ефективністю за кластерами країн світу

Джерело: (Vishnevsky, Harkushenko, Zanizdra, Kniaziev, 2021).

нерозвиненість альтернативних (відновлюваних неуглецевих) джерел енергії в енергобалансі України (залишатиметься на рівні 5%);

збільшення податкового тягаря та конкурентних перешкод на ринку ЄС для українських виробників-експортерів.

За даних умов очікувані наслідки полягають у такому:

по-перше, подальша деіндустріалізація економіки України та збільшення тех-

нологічних розривів із розвинутими країнами світу. Це означає зменшення можливостей інвестування у сталий розвиток національної економіки із власних джерел на тлі зменшення інвестиційної привабливості для зовнішніх інвесторів, скорочення попиту на розроблення інновацій, а також занепад матеріально-технічної бази для їх апробації;

по-друге, вичерпання квоти на емісію парникових газів у 2040 р. (див. рис. 6),

втрата цінової конкурентоспроможності українських експортерів СВАМ-товарів на ринках "вуглецево-нейтральних" країн Євросоюзу, США та Китаю, що негативно вплине на вартість валюти на внутрішньому ринку України та спричинить необхідність зміни якісної структури експорту або економічної географії його спрямування – до країн із менш жорстким кліматичним законодавством. Разом із тим це сприятиме подальшому закріпленню застарілих карбоноємних технологічних укладів і збереженню "екологічно брудних" інституціональних правил промислового природокористування, погіршенню світової репутації України та значно звузить потенційні ринки збуту, оскільки країни з вуглецевою економікою також є переважно постачальниками сировини та проміжної продукції, а отже, дефакто виступають конкурентами України.

Підсумком реалізації базового сценарію декарбонізації промисловості України буде довгострокова стагнація економічного та науково-технічного розвитку, збільшення технологічного розриву з країнами – цифровими лідерами, зростання конкурентної вразливості вітчизняних товаровиробників і посилення перешкод для входу на зовнішній ринок. Це сприятиме падінню рівня доходів, купівельної спроможності, що призведе до погіршення якості життя населення, а також, з урахуванням фінансування природоохоронної діяльності за залишковим принципом, – до підвищення ризику поглиблення екологічної кризи та деградації екосистем.

*Оптимістичний сценарій* розвитку до 2035 р. передбачає позитивні якісні зрушення в технологічному укладі промислового комплексу вбік його декарбонізації та цифровізації. Передумовами реалізації цього сценарію є:

посилення співробітництва уряду України з природоохоронними міжнародними та європейськими установами в частині реалізації спільних проектів щодо запобігання зміні клімату шляхом еколо-

гічно чистої інноваційної модернізації промислового сектору України;

активізація приватно-державного партнерства провідних виробників-експортерів та уряду України у сферах декарбонізації та цифровізації промислового сектору з метою підвищення його конкурентоспроможності на глобальному ринку;

ефективна реалізація довгострокових стратегій розвитку, схвалених урядом України (Стратегії державної екологічної політики на 2025 та 2030 рр., Стратегічної програми КМУ "Вектори економічного розвитку 2030"), у тому числі:

а) перехід від сировинної моделі "вуглецевого" експорту до наукоємного "екологічно чистого" експорту кінцевої продукції з високою доданою вартістю, яка вироблена з використанням найбільш прогресивних технологій сучасності або належить до них;

б) підвищення питомої ваги альтернативних (відновлюваних неуглецевих) джерел енергії в енергобалансі України (включно з гідрогенеруючими потужностями і термальною енергією) до 17%;

с) розвиток "зеленого" ринку екологічних товарів і послуг, а також "зеленого" бізнесу – маловідходних виробництв із замкнутими циклами ресурсоспоживання та мінімальним екологічним слідом в екосистемі.

Підсумком реалізації оптимістичного сценарію декарбонізації та цифровізації промислового комплексу України є заплановане досягнення "вуглецевої нейтральності" економіки у 2060 р., а також виконання кількісних цільових індикаторів і позитивних якісних змін, запланованих у довгострокових стратегіях розвитку України (Стратегії державної екологічної політики на 2025 та 2030 рр., Стратегічній програмі КМУ "Вектори економічного розвитку 2030"), у тому числі:

звільнення експортної промислової продукції з України від додаткової сертифікації для допуску на внутрішній ринок ЄС;

поширення використання передових світових практик у промисловому секторі України, зокрема практики циркулярної економіки;

забезпечення конкурентоспроможності промисловості України в секторі високотехнологічної продукції.

Для оцінювання можливостей практичної реалізації оптимістичного сценарію декарбонізації та цифровізації промисловості України доцільно орієнтуватися на кі-

лькісні результати інноваційної активності низьковуглецевих лідерів ЄС, які прийняли підвищені зобов'язання щодо досягнення "вуглецевої нейтральності": 2030 р. – Фінляндія, 2040 р. – Австрія, 2045 р. – Швеція. Кількісні інтервали драйверів інноваційності даних країн за рейтингом інноваційних економік Bloomberg-2021 є досить широкими та варіативними за кількістю ефективних комбінацій (табл. 5).

Таблиця 5 – Драйвери інноваційності економік низьковуглецевих лідерів Євросоюзу

Драйвер	Оцінка ефективності драйвера країн-лідерів, балів				Вага показника, %
	Швеція	Фінляндія	Австрія	орієнтовний діапазон	
R&D intensity (обсяг коштів у відсотковому відношенні до ВВП, який держава спрямовує на дослідження та розробки)	4	11	6	4-11	20
Manufacturing capability (додана вартість виробництва у відсотковому відношенні до ВВП)	21	12	9	9-21	10
Productivity (ВВП у розрахунку на годину робочого дня)	12	17	15	12-15	20
High-tech density (частка публічних високотехнологічних компаній серед усіх публічних компаній у державі)	6	13	23	6-23	20
Tertiary efficiency (відвідуваність вищих навчальних закладів, відсоток дипломованих спеціалістів від загального обсягу набору та частка дипломованих спеціалістів у загальному обсязі працюючого населення в державі)	7	14	16	7-16	5
Researcher concentration (кількість науковців на 1 млн жителів)	7	10	9	7-10	20
Patent activity (кількість патентів, що подаються місцевими компаніями, у розрахунку на 1 млн жителів та 1 млн дол., витрачених на науково-дослідну діяльність)	21	10	5	5-21	5
<i>Загальна оцінка</i>	86,39	84,86	83,93		

Джерело: складено за (Jamrisko, Lu, Tanzi, 2021).

Особливу увагу слід приділяти драйверам із більшою вагою показників: обсяг відрахувань ВВП на R&D, частка національних високотехнологічних компаній, кількість науковців на 1 млн жителів. Оскільки за класифікацією Всесвітнього еко-

номічного форуму (World Economic Forum, 2019, с. 319-320) Україна перебуває у процесі трансформації між першою та другою стадіями економіко-технологічного розвитку, тобто до найбільш значимих чинників конкурентоспроможності (із вагою 40-

60%) належать "базові потреби" та " посилювачі ефективності" (із вагою 30-50%), доцільно орієнтуватися на показник доданої вартості виробництва у відсотковому відношенні до ВВП.

На сьогодні за оцінками Bloomberg-2021 рейтинг України (58 місце) погіршився на дві позиції порівняно з результатом 2020 р.

*Висновки.* Карбоноємність промисловості України та здатність урядовців і власників підприємств управляти вуглецевою ємністю життєвого циклу продукції в умовах глобального тренду прагнення до "вуглецевої нейтральності" економічної діяльності стають одними з ключових чинників конкурентоспроможності вітчизняних експортерів у найближчому майбутньому. Ратифікація "Паризької угоди щодо клімату" у 2016 р. стала підставою для систематичного скорочення національних квот на емісію парникових газів для країн-учасниць при постійному зростанні цін на вуглець у системах торгівлі квотами. За попередніми оцінками, уже в 2026 р. набуває чинності механізм транскордонного вуглецевого регулювання, призначений Європейською Комісією для захисту європейських низьковуглецевих виробників шляхом введення додаткових податків на окремі види експортної продукції. Законодавчо затверджено кінцеві терміни досягнення "вуглецевої нейтральності" країн, які мають економічну та політичну силу визначати глобальний мейнстрим економічного та науково-технологічного розвитку. Поєднання наведених чинників формує нову цифрову та вуглецево-нейтральну економічну реальність, в умовах якої карбоноємні технологічні уклади втрачають ринкові ніші та стають аутсайдерами.

Для уникнення поширення технологічних та інвестиційних розривів і збереження конкурентоспроможності України на зовнішньому ринку доцільним є розроблення ефективної національної стратегії промислового розвитку з урахуванням ак-

туальних формуючих трендів і "довгих правил", базисних інновацій, стимулюючих та компенсаційних механізмів декарбонізації без втрати конкурентного потенціалу вітчизняних виробників.

Відповідно до результатів аналізу глобальних трендів у сфері запобігання зміні клімату та регулювання карбонового сліду економічної діяльності визначено найбільш вуглецевоємні та карбоново-вразливі сектори промисловості:

енергетичний, транспортний, будівельний і сільськогосподарський, традиційні технологічні уклади, які визначально утворюють значний карбоновий слід;

переробної промисловості, авіації та судноплавства, енергетичний і транспортний, які демонструють найвищі темпи зростання карбоноємності з часом, порівняно з іншими напрямками економічної діяльності.

Обґрунтовано, що карбоново-вразливі сектори (переробна промисловість, сільське господарство, транспорт й енергетика) мають найбільше конкурентне значення для утворення ВВП України та є найбільш перспективними галузями для пріоритетного розвитку згідно з результатами останніх форсайт-досліджень та офіційних державних стратегій за умов їх переходу на вищі технологічні уклади.

За динамікою та умовами формування емісії парникових газів протягом 1990-2020 рр. карбоноємність ВВП України є вищою за середньосвітовий та європейський рівні, незважаючи на сприятливі спадні тенденції в техногенному навантаженні останніх років. Станом на 2022 р. карбоновий слід промисловості України не перевищує встановленої квоти, проте при збереженні наявних тенденцій вона може бути вичерпана у 2040 р. Існуючі передумови довгострокового промислового розвитку не містять достатніх драйверів для її ефективної декарбонізації та цифровізації, а саме:

частка альтернативних неуглецевих джерел енергії не перевищує 5% енергоба-

лансу, у той час як понад 70% припадає на фосильні копалини та понад 24,5% – на атомну електроенергію;

показник доданої вартості, утвореної промисловим сектором, за 1992-2019 рр. демонструє спадну динаміку та зменшився майже у 3 рази;

екологічні податки слабо мотивують до екологічно лояльної економічної поведінки та не забезпечують достатнього рівня фінансування – їх питома вага у складі податкових надходжень до державного бюджету України 2011-2020 рр. здебільшого не перевищує 1%;

частка капітальних інвестицій у промисловості становить 4,3-6,7% ВВП, при цьому питома вага інвестицій екологічної спрямованості у їх складі в середньому залишається на рівні 5,2%.

Виявлені позитивні тенденції скорочення карбоємності зумовлені деструктивними в довгостроковій перспективі явищами – деіндустріалізацією економіки та економічною стагнацією внаслідок пандемії. Якщо припустити, що зменшення техногенного навантаження, зумовлене економічною та епідеміологічною кризами, має тимчасовий характер, то при збереженні традиційних карбоємних технологічних укладів емісія CO<sub>2</sub>-еквівалента може повернутися на докризовий рівень.

З урахуванням результатів аналізу динаміки квоти України на емісію CO<sub>2</sub>-еквівалента і фактичного рівня викидів, особливостей вуглецевого ціноутворення, стратегічних пріоритетів розвитку промисловості, прогресу декарбонізації енергетичного сектору, динаміки та структури зовнішньоекономічних відносин України та Євросоюзу, а також експертних оцінок впливу зовнішніх регуляторів вуглецевої ємності експортної продукції на результати економічної діяльності виробників розглянуто базовий та оптимістичний сценарії декарбонізації промисловості України.

Базовий сценарій передбачає екстраполяцію поточних тенденцій та явищ. Його

підсумком буде довгострокова стагнація економічного і науково-технічного розвитку промисловості України, збільшення технологічного розриву з країнами – цифровими лідерами, зростання конкурентної вразливості вітчизняних товаровиробників і посилення перешкод для входу на зовнішній ринок.

Оптимістичний сценарій передбачає позитивні якісні зрушення в технологічному укладі промислового комплексу вбік його декарбонізації та цифровізації. Реалізація оптимістичного сценарію забезпечить досягнення "вуглецевої нейтральності" економіки у 2060 р. та інших цільових індикаторів та якісних змін, запланованих у Стратегії державної екологічної політики на 2025 та 2030 рр. і Стратегічній програмі КМУ "Вектори економічного розвитку 2030". Проте його втілення потребує значного посилення інноваційної активності – на рівні результатів низьковуглецевих лідерів ЄС, які прийняли підвищені зобов'язання щодо досягнення "вуглецевої нейтральності" (Фінляндії, Австрії та Швеції). Отже, ключовою передумовою реалізації оптимістичного сценарію є ефективне співробітництво уряду та провідних виробників-експортерів України з природозахисними міжнародними та європейськими установами у формі приватно-державного партнерства з метою впровадження спільних проєктів щодо запобігання зміні клімату.

Перспективою подальших досліджень є розроблення дорожньої карти "вуглецево-нейтрального" економічного розвитку України на засадах "зеленої" смарт-неоіндустріалізації з обґрунтуванням кількісних критеріїв скорочення емісії парникових газів, карбоємності ВВП, наявності техніко-технологічних можливостей і потреб в інвестиціях.

### Література

Башмаков И.А. (2022). Углеродное регулирование в ЕС и российский сырьевой

- експорт. *Вопросы экономики*. № 1. С. 90-109. DOI: <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2022-1-90-109>.
- Верховна Рада України (2021). Про затвердження Національної економічної стратегії на період до 2030 року: Постанова Кабінету Міністрів України від 3 березня 2021 р. № 179. *Верховна Рада України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/179-2021-п#Text> (дата звернення: 10.01.2022).
- Гуманитарний портал (2022). Рейтинг стран мира по индексу глобальной конкурентоспособности. *Гуманитарний портал*. URL: <https://gtmarket.ru/ratings/global-competitiveness-index> (дата звернення: 30.01.2022).
- Державна служба статистики України (2020). Енергетичний баланс України. *Державна служба статистики України*. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua> (дата звернення: 30.03.2021).
- Державна служба статистики України (2021b). Викиди забруднюючих речовин та діоксиду вуглецю в атмосферне повітря (1990-2020). *Державна служба статистики України*. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua> (дата звернення: 30.03.2021).
- Державна служба статистики України (2021a). Валовий внутрішній продукт (у фактичних цінах). *Державна служба статистики України*. URL: [http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2003/vvp/vvp\\_kv/vvp\\_kv\\_u/arh\\_vvp\\_kv.html](http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2003/vvp/vvp_kv/vvp_kv_u/arh_vvp_kv.html) (дата звернення: 30.03.2021).
- Державна служба статистики України (2021c). Динаміка географічної структури зовнішньої торгівлі товарами (1996-2020). *Державна служба статистики України*. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua> (дата звернення: 02.01.2022).
- Державна служба статистики України. (2021d). Енергоспоживання на основі відновлюваних джерел за 2007-2020 роки. *Державна служба статистики України*. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua> (дата звернення: 02.01.2022).
- Державна фіскальна служба України (2020). Екологічний податок: ставку податку на викиди двооксиду вуглецю пропонують збільшити. *Вісник. Офіційно про податки*. URL: <http://www.visnuk.com.ua/uk/news/100020967-ekologichniy-podatok-stavku-podatku-na-vikidi-dvookisu-vugletsyu-proponuyut-zbilshiti> (дата звернення: 30.03.2021).
- Заніздра М.Ю. (2021). Форсайтинг екологічного регулювання розвитку національної промисловості: макрорівень. *Економіка промисловості*. № 3(95). С. 25-51. DOI: <http://doi.org/10.15407/econindustry> 2021.03.025.
- Иваницкий А. (2021). Зеленский выступил на климатическом саммите. *Корреспондент*. 1 ноября. URL: <https://korrespondent.net/world/4412552-zelenskyi-vystupyl-na-klumatycheskom-sammyte> (дата звернення: 02.01.2022).
- Кабінет Міністрів України (2020). Вектори економічного розвитку України. *Кабінет Міністрів України*. URL: <https://nes2030.org.ua/> (дата звернення: 30.01.2022).
- Порфирьев Б.Н., Широков А.А., Колпаков А.Ю., Единак Е.А. (2022). Возможности и риски политики климатического регулирования в России. *Вопросы экономики*. № 1. С. 72-89.
- Представництво України при Європейському Союзі (2021). Європейський Зелений Курс. 15 квітня. *Представництво України при Європейському Союзі*. URL: <https://ukraine-eu.mfa.gov.ua/posolstvo/galuzeve-spivrobotnictvo/klimat-yevropejska-zelena-ugoda> (дата звернення: 30.01.2022).
- Урядовий портал (2021). Уряд схвалив цілі кліматичної політики України до 2030 року. *Міністерство екології та природних ресурсів України. Урядовий портал*. 30 липня. URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/uryad-shvaliv-cili-klimatichnoyi-politiki-ukrayini-do-2030-roku> (дата звернення: 30.01.2022).

- Форсайт економіки України: середньостроковий (2015-2020 роки) і довгостроковий (2020-2030 роки) часові горизонти: наук. керів. акад. М. Згуровський. (2015). Київ: НТУУ «КПІ». 136 с.
- Acworth W., Kardish C., Kellner K. (2020). *Carbon Leakage and Deep Decarbonization: Future-proofing Carbon Leakage Protection*. Berlin: ICAP.
- Åhman M., Arensa M., Vogla V. (2020). International cooperation for decarbonizing energy intensive industries – Towards a Green Materials Club. *Environmental and Energy Systems Studies Working Paper*. (117). Sweden: Lund University.
- Bleischwitz R., Nechifor V., Winning M., Huang B., Geng Y. (2018). Extrapolation or saturation – Revisiting growth patterns, development stages and decoupling. *Global Environmental Change*. Vol. 48. P. 86-96. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.11.008>
- Climate Watch Portal (2021). *CAIT Climate Data Explorer*. URL: <https://www.climate-watchdata.org/data-explorer/historical-emissions> (дата звернення: 30.01.2022).
- European Commission (2021a). *GHG emissions of all world countries – 2021 Report*. Crippa M., Guizzardi D., Solazzo E., Muntea M., Schaaf E., Monforti-Ferrario F., Banja M., Olivier J.G.J., Grassi G., Rossi S., Vignati E. EUR 30831 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2021. DOI: 10.2760/173513, JRC126363.
- European Commission (2021b). *Proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council establishing a Carbon Border Adjustment Mechanism (Text with EEA relevance)*. COM (2021) 564 final. Brussels: European Commission.
- European Commission (2019). *A European Green Deal*. URL: [https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_en](https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en) (дата звернення: 30.03.2021).
- Garnadt N., Grimm V., Reuter W.H. (2020). Carbon Adjustment Mechanisms: Empirics, Design and Caveats. *Working Paper*. № 11. German Council of Economic Experts.
- Görlach B., Duwe M., Velten E. K., Voß P., Zelljadt E., Riedel A., Ostwald R., Voigt S., Wölfling N., Germeshausen R. (2020). Analysen zum direkten und indirekten Carbon-Leakage-Risiko europäischer Industrieunternehmen. *Climate Change*. № 32.
- Haberl H., Schmid M., Haas W., Wiedenhofer D., Rau H., Winiwarter V. (2021). Stocks, flows, services and practices: Nexus approaches to sustainable social metabolism. *Ecological Economics*. Vol. 182. 106949. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.106949>.
- ICAP (2020). *Emissions Trading Worldwide: Status Report 2020*. URL: <https://icapcarbonaction.com/en/icap-status-report-2020> (дата звернення: 30.01.2022).
- IEA (2020). *Implementing Effective Emissions Trading Systems*. International Energy Agency. URL: <https://www.iea.org/reports/implementing-effective-emissions-trading-systems> (дата звернення: 30.01.2022).
- International Monetary Fund (2022). *World Economic Outlook Update. Rising case-loads, a disrupted recovery, and higher inflation*. URL: <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2022/01/25/world-economic-outlook-update-january-2022> (дата звернення: 30.01.2022).
- IPCC (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Masson-Delmotte V., Zhai P., Pirani A., Connors S.L., Péan C., Berger S., Caud N., Chen Y., Goldfarb L., Gomis M.I., Huang M., Leitzell K., Lonnoy E., Matthews J.B.R., Maycock T.K., Waterfield T., Yelekçi O., Yu R., Zhou B. (Eds.). Cambridge University Press.

- Jamrisko M., Lu W., Tanzi A. (2021). South Korea Leads World in Innovation as U.S. Exits Top Ten. URL: <https://www.bloombergquint.com/global-economics/south-korea-leads-world-in-innovation-u-s-drops-out-of-top-10> (дата звернення: 30.01.2022).
- Deokhyun K. (2022) (4th LD) S. Korea, Saudi Arabia agree to jointly develop hydrogen economy. *Yonhap Agency*. January 19. URL: <https://en.yna.co.kr/view/AEN20220118000353315?section=search> (дата звернення: 30.01.2022).
- Krausmann F., Wiedenhofer D., Haberl H. (2020). Growing stocks of buildings, infrastructures and machinery as key challenge for compliance with climate targets. *Global Environmental Change*. Vol. 61. 102034. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2020.102034>.
- Lyon C., Saupe E.E., Smith C.J., Hill D.J., Beckerman A.P., Stringer L.C., Marchant R., McKay J., Burke A., O'Higgins P., Dunhill A.M., Allen B.J., Riel-Salvatore J., Aze T. (2021). Climate change research and action must look beyond 2100. *Global Change Biology*. Vol. 28. Iss. 2. P. 349-361. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/gcb.15871>.
- Nilsson L.J., Bauer F., Åhman M., Bataille C., de la Rue du Can S., Hansen T., Johansson B., van Sluisveld M. (2021). An industrial policy framework for transforming energy and emissions intensive industries towards zero emissions. *Climate Policy*. Vol. 21. Iss. 8. P. 1053-1065. DOI: <https://doi.org/10.1080/14693062.2021.1957665>.
- Ocasio-Cortez, A. (February 12, 2019). *H.Res. 109–116th Congress (2019–2020): Recognizing the duty of the Federal Government to create a Green New Deal*. URL: <https://ocasio-cortez.house.gov/sites/ocasio-cortez.house.gov/files/Resolution%20on%20a%20Green%20New%20Deal> (дата звернення: 30.03.2021).
- Olivier J.G.J., Peters J.A.H.W. (2020). *Trends in global CO<sub>2</sub> and total greenhouse gas emissions: 2020 Report*. Netherlands Environmental Assessment Agency The Hague, 2020. 85 p. URL: [https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2020-trends-in-global-co2-and\\_total-greenhouse-gas-emissions-2020-report\\_4331.pdf](https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2020-trends-in-global-co2-and_total-greenhouse-gas-emissions-2020-report_4331.pdf) (дата звернення: 30.01.2022).
- Our World in Data (2021). *CO<sub>2</sub> and GHG Emissions Dataset. Per capita CO<sub>2</sub> emissions*. URL: <https://ourworldindata.org/explorers/co2?facet=none&country=~UKR&Gas=CO2&Accounting=Production-based&Fuel=Total&Count=Per+country&Relative+to+world+total=false> (дата звернення: 30.01.2022).
- Pyrka M., Boratyński J., Tobiasz I., Jeszke R., Sekuła M. (2020). *The effects of the implementation of the border tax adjustment in the context of more stringent EU climate policy until 2030*. Warsaw: Centre for Climate and Energy Analyses (CAKE).
- The World Bank Group (2020). *World Development Indicators*. The World Bank Group. URL: <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>. (дата звернення: 30.01.2022).
- UN News (22 September 2020). 'Enhance solidarity' to fight COVID-19, Chinese President urges, also pledges carbon neutrality by 2060. *UN News*. URL: <https://news.un.org/en/story/2020/09/1073052> (дата звернення: 30.03.2021).
- van Schaik L. (2021). CBAM political dilemma's. *Presentation at CENEf-XXI workshop "Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM): What are the possible effects for Russia's economy?"*. Moscow, July 26.
- Virag D., Wiedenhofer D., Haas W., Haberl H., Kalt G., Krausmann F. (2021). The stock-flow-service nexus of personal mobility in an urban context: Vienna, Austria. *Environmental Development*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2021.100628>.
- Vishnevsky V.P., Harkushenko O.M., Zanizdra M.Yu., Kniaziev S.I. (2021). Digital and Green Economy: Common Grounds and Contradictions. *Sci. innov.* Vol. 17. Iss. 3.

P. 14-27. DOI: <https://doi.org/10.15407/scine17.03.014>

World Economic Forum (2019). The Global Competitiveness Report 2017–2018. APPENDIX A. Methodology and Computation of the Global Competitiveness Index 2017-2018. *World Economic Forum*. URL: <https://www3.weforum.org/docs/GCR2017-2018/04Backmatter/TheGlobalCompetitivenessReport2017–2018AppendixA.pdf> (дата звернення: 30.01.2022).

Zachmann G., McWilliams B. (2020). *A European carbon border tax: Much pain, little gain*. Policy Contribution 05/2020, Bruegel.

### References

Bashmakov, I.A. (2022). Carbon regulation in the EU and Russian commodity exports. *Voprosy Ekonomiki*, 1, pp. 90-109. DOI: <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2022-1-90-109> [in Russian].

Verkhovna Rada of Ukraine (2021). Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine: On approval of the National Economic Strategy for the period up to 2030: of March 3 2021, № 179. *Verkhovna Rada of Ukraine*. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/179-2021-п#Text> [in Ukrainian].

Gumanitarnyj portal (2022). Ranking of world countries on the global competitiveness index. *Gumanitarnyj portal*. Retrieved from <https://gtmarket.ru/ratings/global-competitiveness-index> [in Russian].

State statistics service of Ukraine (2020). Energy balance of Ukraine. *State statistics service of Ukraine*. Retrieved from <http://www.ukrstat.gov.ua> [in Ukrainian].

State statistics service of Ukraine (2021b). Emissions of pollutants and carbon dioxide into the atmosphere (1990-2020). *State statistics service of Ukraine*. Retrieved from <http://www.ukrstat.gov.ua> [in Ukrainian].

State statistics service of Ukraine (2021a). Gross domestic product (at actual prices).

*State statistics service of Ukraine*. Retrieved from [http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2003/vvp/vvp\\_kv/vvp\\_kv\\_u/arh\\_vvp\\_kv.html](http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2003/vvp/vvp_kv/vvp_kv_u/arh_vvp_kv.html) [in Ukrainian].

State statistics service of Ukraine (2021c). Dynamics of the geographical structure of foreign trade in goods (1996-2020). *State statistics service of Ukraine*. Retrieved from <http://www.ukrstat.gov.ua> [in Ukrainian].

State statistics service of Ukraine (2021d). Renewable energy consumption by 2007-2020. *State statistics service of Ukraine*. Retrieved from <http://www.ukrstat.gov.ua> [in Ukrainian].

State Fiscal Service of Ukraine (2020). Environmental tax: it is proposed to increase the tax rate on carbon dioxide emissions. *Visnyk. Ofitsiino pro podatky*. Retrieved from <http://www.visnuk.com.ua/uk/news/100020967-ekologichniy-podatok-stavku-podatku-na-vikidi-dvookisu-vugletsyu-proponu-yut-zbilshiti> [in Ukrainian].

Zanizdra, M.Yu. (2021). Foresight of ecological regulation of national industry development: macro level. *Econ. promisl.*, 3(95), pp. 25-51. DOI: <http://doi.org/10.15407/econindustry2021.03.025> [in Ukrainian].

Ivanickij, A. (2021). Zelensky spoke at the climate summit. *Zhurnal Korrespondent*. November 1. Retrieved from <https://korrespondent.net/world/4412552-zelenskyi-vystupyl-na-klymatycheskom-sammyte> [in Russian].

Cabinet of Ministers of Ukraine (2020). Vectors of economic development of Ukraine. *Cabinet of Ministers of Ukraine*. Retrieved from <https://nes2030.org.ua/> [in Ukrainian].

Porfir'ev B.N., SHirov A.A., & Kolpakov A.Yu., Edinak E.A. (2022). Opportunities and risks of climate regulation policy in Russia. *Voprosy Ekonomiki*, 1, pp. 72-89 [in Russian].

Representation of Ukraine to the European Union (2021). European Green Deal. April 15. *Representation of Ukraine to the Euro-*

- pean Union. Retrieved from <https://ukraine-eu.mfa.gov.ua/posolstvo/galuzeve-spivrobotnictvo/klimat-yevropejskazelena-ugoda> [in Ukrainian].
- Uriadovyi portal (2021). The government has approved the goals of Ukraine's climate policy until 2030. Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine. *Uriadovyi portal*. July 30. Retrieved from <https://www.kmu.gov.ua/news/uryad-shvaliv-cili-klimatichnoyi-politiki-ukrayini-do-2030-roku> [in Ukrainian].
- Foresight of Ukrainian economy in the medium (2015–2020) and long term (2020–2030) time horizons. (2015). In M. Zgurovsky (Ed.). Kyiv: National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”. 136 p. [in Ukrainian].
- Acworth, W., Kardish, C., & Kellner, K. (2020). *Carbon Leakage and Deep Decarbonization: Future-proofing Carbon Leakage Protection*. Berlin: ICAP.
- Åhman, M., Arensa, M., Vogla, V. (2020). International cooperation for decarbonizing energy intensive industries – Towards a Green Materials Club. *Environmental and Energy Systems Studies Working Paper*. № 117. Sweden: Lund University.
- Bleischwitz, R., Nechifor, V., Winning, M., Huang, B., & Geng, Y. (2018). Extrapolation or saturation – Revisiting growth patterns, development stages and decoupling. *Global Environmental Change*. Vol. 48. pp. 86-96. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.11.008>
- Climate Watch Portal (2021). *CAIT Climate Data Explorer*. Retrieved from <https://www.climatewatchdata.org/data-explorer/historical-emissions>
- European Commission (2021a). *GHG emissions of all world countries – 2021 Report*. Crippa, M., Guizzardi, D., Solazzo, E., Muntea, M., Schaaf, E., Monforti-Ferrario, F., Banja, M., Olivier, J.G.J., Grassi, G., Rossi, S., & Vignati, E. EUR 30831 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2021. DOI: 10.2760/173513, JRC126363.
- European Commission (2021b). *Proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council establishing a Carbon Border Adjustment Mechanism (Text with EEA relevance)*. COM (2021) 564 final. Brussels: European Commission.
- European Commission. (2019). *A European Green Deal*. Retrieved from [https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_en](https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en).
- Garnadt, N., Grimm, V., & Reuter, W.H. (2020). Carbon Adjustment Mechanisms: Empirics, Design and Caveats. *Working Paper*. 11. German Council of Economic Experts.
- Görlach, B., Duwe, M., Velten, E. K., Voß, P., Zelljadt, E., Riedel, A., Ostwald, R., Voigt, S., Wölfing, N., & Germeshausen, R. (2020). Analysen zum direkten und indirekten Carbon-Leakage-Risiko europäischer Industrieunternehmen. *Climate Change*. (32)/2020.
- Haberl, H., Schmid, M., Haas, W., Wiedenhofer, D., Rau, H., & Winiwarter, V. (2021). Stocks, flows, services and practices: Nexus approaches to sustainable social metabolism. *Ecological Economics*. Vol. 182. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.106949>.
- ICAP (2020). *Emissions Trading Worldwide: Status Report 2020*. Retrieved from <https://icapcarbonaction.com/en/icap-status-report-2020>
- IEA (2020). *Implementing Effective Emissions Trading Systems*. International Energy Agency. Retrieved from <https://www.iea.org/reports/implementing-effective-emissions-trading-systems>
- International Monetary Fund (2022). *World Economic Outlook Update. Rising case-loads, a disrupted recovery, and higher inflation*. Retrieved from <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2022/01/25/world-economic-outlook-update-january-2022>

- IPCC (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pirani, A., Connors, S.L., Péan, C., Berger, S., Caud, N., Chen, Y., Goldfarb, L., Gomis, M.I., Huang, M., Leitzell, K., Lonnoy, E., Matthews, J.B.R., Maycock, T.K., Waterfield, T., Yelekçi, O., Yu, R., & Zhou, B. (eds.). Cambridge University Press. In Press.
- Jamrisko, M., Lu, W., & Tanzi, A. (2021). South Korea Leads World in Innovation as U.S. Exits Top Ten. Retrieved from <https://www.bloomberquint.com/global-economics/south-korea-leads-world-in-innovation-u-s-drops-out-of-top-10>
- Deokhyun, K. (2022). (4th LD) S. Korea, Saudi Arabia agree to jointly develop hydrogen economy. *Yonhap Agency*. January 19. Retrieved from <https://en.yna.co.kr/view/AEN20220118000353315?section=search>
- Krausmann, F., Wiedenhofer, D., & Haberl, H. (2020). Growing stocks of buildings, infrastructures and machinery as key challenge for compliance with climate targets. *Global Environmental Change*. Vol. 61. 102034. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2020.102034>.
- Lyon, C., Saupe, E.E., Smith, C.J., Hill, D.J., Beckerman, A.P., Stringer, L.C., Marchant, R., McKay, J., Burke, A., O'Higgins, P., Dunhill, A.M., Allen, B.J., Riel-Salvatore, J., & Aze, T. (2021). Climate change research and action must look beyond 2100. *Global Change Biology*. 28(2). pp. 349-361. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/gcb.15871>.
- Nilsson, L.J., Bauer, F., Åhman, M., Bataille, C., de la Rue du Can, S., Hansen, T., Johansson, B., & van Sluisveld, M. (2021). An industrial policy framework for transforming energy and emissions intensive industries towards zero emissions. *Climate Policy*. 21(8). pp. 1053-1065. DOI: <https://doi.org/10.1080/14693062.2021.1957665>.
- Ocasio-Cortez, A. (February 12, 2019). *H.Res.109 – 116th Congress (2019–2020): Recognizing the duty of the Federal Government to create a Green New Deal*. Retrieved from <https://ocasio-cortez.house.gov/sites/ocasio-cortez.house.gov/files/Resolution%20on%20a%20Green%20New%20Deal>
- Olivier, J.G.J., & Peters, J.A.H.W. (2020). *Trends in global CO2 and total greenhouse gas emissions: 2020 Report*. Netherlands Environmental Assessment Agency The Hague, 2020. 85 p. Retrieved from [https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2020-trends-in-global-co2-and-total-greenhouse-gas-emissions-2020-report\\_4331.pdf](https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2020-trends-in-global-co2-and-total-greenhouse-gas-emissions-2020-report_4331.pdf)
- Our World in Data (2021). *CO2 and GHG Emissions Dataset. Per capita CO2 emissions*. Retrieved from <https://ourworldindata.org/explorers/co2?facet=none&country=~UKR&Gas=CO2&Accounting=Production-based&Fuel=Total&Count=Per+country&Relative+to+world+total=false>
- Pyrka, M., Boratyński, J., Tobiasz, I., Jeszke, R., & Sekuła, M. (2020). *The effects of the implementation of the border tax adjustment in the context of more stringent EU climate policy until 2030*. Warsaw: Centre for Climate and Energy Analyses (CAKE).
- The World Bank Group. (2020). *World Development Indicators*. The World Bank Group. Retrieved from <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>
- UN News (22 September 2020). 'Enhance solidarity' to fight COVID-19, Chinese President urges, also pledges carbon neutrality by 2060. *UN News*. Retrieved from <https://news.un.org/en/story/2020/09/1073052>
- van Schaik, L. (2021). CBAM political dilemma's. *Presentation at CENEf-XXI workshop "Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM): What are the possible*

- effects for Russia's economy?*". Moscow, July 26.
- Virag, D., Wiedenhofer, D., Haas, W., Haberl, H., Kalt, G., & Krausmann, F. (2021). The stockflow-service nexus of personal mobility in an urban context: Vienna, Austria. *Environmental Development*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2021.100628>.
- Vishnevsky, V.P., Harkushenko, O.M., Zanizdra, M.Yu., Kniaziev, S.I. (2021). Digital and Green Economy: Common Grounds and Contradictions. *Sci. in nov.* 17(3). pp. 14-27. DOI: <https://doi.org/10.15407/scine17.03.014>.
- World Economic Forum (2019). *The Global Competitiveness Report 2017–2018*. APPENDIX A. Methodology and Computation of the Global Competitiveness Index 2017–2018. Retrieved from <https://www3.weforum.org/docs/GCR2017-2018/04Backmatter/TheGlobalCompetitivenessReport2017-2018AppendixA.pdf>
- Zachmann, G., & McWilliams, B. (2020). *A European carbon border tax: Much pain, little gain*. Policy Contribution 05/2020, Bruegel.

**Мария Юрьевна Заниздра,**

*канд. экон. наук, старший научный сотрудник*

Институт экономики промышленности НАН Украины  
ул. Марии Капнист, 2, г. Киев, 03057, Украина

E-mail: [marin2015zzz@gmail.com](mailto:marin2015zzz@gmail.com)

<https://orcid.org/0000-0002-3528-0212>

## **КАРБОНЕМОЖКОСТЬ ПРОМЫШЛЕННОСТИ УКРАИНЫ: ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ И ФОРСАЙТИНГ**

В рамках оценки текущей карбоноёмкости и форсайта перспектив декарбонизации промышленности Украины определены наиболее углеродоёмкие (изначально создающие значительный карбоновый след) и карбоново-уязвимые (демонстрирующие наибольшие темпы прироста карбоноёмкости со временем) промышленные секторы. Обосновано, что перерабатывающая промышленность, сельское хозяйство, транспорт и энергетика, обладающие этими двумя негативными характеристиками, имеют наибольшее конкурентное значение для ВВП Украины и являются наиболее перспективными отраслями для приоритетного развития.

Определено, что на протяжении 1990-2020 гг. карбоноёмкость ВВП Украины превышает среднемировой и общеевропейский уровни, несмотря на определенные благоприятные тенденции снижения техногенной нагрузки последних лет. По состоянию на 2022 г. карбоновый след промышленности Украины не превышает установленной квоты, однако при сохранении существующих тенденций она может быть исчерпана в 2040 г. При этом медленный прогресс декарбонизации энергетического сектора Украины, нисходящая динамика создания добавленной стоимости в промышленности, слабая мотивирующая роль экологических налогов и низкая инвестиционная активность промышленности не обеспечивают благоприятных предпосылок для эффективной декарбонизации и цифровизации промышленного комплекса.

Выявленные положительные тенденции сокращения карбоноёмкости обусловлены деструктивными в долгосрочной перспективе явлениями (деиндустриализация экономики и экономическая стагнация вследствие пандемии) и носят временный характер, сохраняя риски увеличения эмиссии парниковых газов на докризисные уровни при сохранении текущего технологического уклада.

Согласно базовому сценарию декарбонизации промышленности Украины (сохранение текущих тенденций и явлений) ожидается исчерпание национальной квоты на эмиссию парниковых газов в 2040 г., дальнейшая деиндустриализация экономики, увеличение технологических разрывов с развитыми странами мира и рост конкурентной уязвимости отечественных товаропроизводителей-экспортёров.

Оптимистический сценарий предполагает успешную декарбонизацию и цифровизацию технологического уклада промышленного комплекса. Его реализация обеспечивает достижение «углеродной нейтральности» экономики в 2060 г., а также других целевых индикаторов и качественных изменений, запланированных в официальных государственных стратегиях экологической политики и экономического развития на 2030 г. Однако воплощение этого сценария требует значительного усиления инновационной активности – на уровне результатов низкоуглеродистых лидеров ЕС, принявших на себя повышенные обязательства по достижению «углеродной нейтральности». Ключевым условием реализации оптимистического сценария является участие Украины в международных проектах по предотвращению изменения климата.

*Ключевые слова:* парниковые газы, углеродная нейтральность, декарбонизация, промышленность, форсайт, углеродный налог, экспорт, альтернативные источники энергии, сценарии.

*JEL:* O14, O44, Q57

**Mariya Yu. Zanizdra,**

*PhD in Economics, Leading Researcher*

Institute of Industrial Economics of the NAS of Ukraine

2 Maria Kapnist Street, Kyiv, 03057, Ukraine

E-mail: marin2015zzz@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-3528-0212>

## **CARBON INTENSITY OF THE UKRAINIAN INDUSTRY: CURRENT STATE AND FORESIGHT**

As part of the current carbon intensity assessment and foresight of the prospects for the decarbonization of the Ukrainian industry, the most carbon-intensive (initially creating a significant carbon footprint) and carbon-vulnerable (showing the highest growth rates of carbon intensity over time) industrial sectors were identified. It is substantiated that the processing industry, agriculture, transport and energy, which have both of the above negative characteristics, are of the greatest competitive importance for Ukrainian GDP and are the most promising sectors for priority development.

It is defined that for the period 1990-2020 the carbon intensity of Ukrainian GDP exceeds the global and European average levels, despite certain favorable trends in reducing the greenhouse gas emissions in recent years. As of 2022 the carbon footprint of the Ukrainian industry does not exceed the established quota. However, if current trends continue, it may be exhausted by 2040. At the same time, slow progress in the decarbonization of the Ukrainian energy sector, downward dynamics of the value added in industry, a weak motivating role of environmental taxes and low investment activity of industry do not provide favorable prerequisites for effective decarbonization and digitalization of the industrial complex.

The established positive trends in the reduction of carbon intensity are due to destructive phenomena in the long term (deindustrialization of the economy and economic stagnation due to the pandemic) and are temporary in nature, while maintaining the risks of increasing greenhouse gas emissions to pre-crisis levels in case of maintaining the current technological order.

According to the basic scenario of the decarbonization of the Ukrainian industry (preservation of current trends and phenomena), an exhaustion of the national quota for greenhouse gas

emissions by 2040, further deindustrialization of the economy, an increase in technological gaps with the developed countries of the world and an aggravate in the competitive vulnerability of national exporters are expected.

The optimistic scenario assumes successful decarbonization and digitalization of the technological structure of the industrial complex. Its implementation ensures the achievement of "carbon neutrality" of the economy in 2060 and the achievement of other target indicators and qualitative changes planned in the official state strategies for environmental policy and economic development for 2030. However, it requires a significant increase in innovative activity – at the level of results of low-carbon EU-27 leaders, which has taken on heightened commitments to achieve "carbon neutrality". The key condition for the implementation of the optimistic scenario is the participation of Ukraine in international projects to prevent climate change.

*Keywords:* greenhouse gases, carbon neutrality, decarbonization, industry, foresight, carbon tax, exports, alternative energy sources, scenarios.

*JEL:* O14, O44, Q57

*Формат цитування:*

Заніздра М. Ю. (2022). Карбоємність промисловості України: поточний стан і форсайтінг. *Економіка промисловості*. № 1 (97). С. 61-88. DOI: <http://doi.org/10.15407/econindustry2022.01.061>

Zanizdra, M. Yu. (2022). Carbon intensity of the Ukrainian industry: current state and foresight. *Econ. promisl.*, 1 (97), pp. 61-88. DOI: <http://doi.org/10.15407/econindustry2022.01.061>

*Надійшла до редакції 02.02.2022 р.*