

УДК 669.1:504.064.4

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2025.eco.5-62.1.19>

АКТУАЛЬНИЙ СТАН ТА ДЕКАРБОНІЗАЦІЙНІ ВИКЛИКИ МЕТАЛУРГІЙНОЇ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ

Матухно О.В.

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»

пр. Дмитра Яворницького, 19, 49005, м. Дніпро

Німецьке екологічне агентство (Umweltbundesamt)

Buchholzweg, 8, 13627, Berlin

matukhno.o.v@nmu.one

Здійснено комплексний аналіз сучасного стану металургійної галузі України в умовах війни та визначено ключові декарбонізаційні виклики, що формують траєкторію її розвитку відповідно до вимог європейської кліматичної політики. Актуальність дослідження зумовлена подвійним викликом: необхідністю післявоєнного відновлення економіки та адаптації до Європейського зеленого курсу. Методика дослідження базується на поєднанні статистичного, порівняльного та аналітичного методів. Для зіставлення з країнами ЄС застосовано уніфіковані аналітичні критерії: інтенсивність викидів CO₂ на тону сталі, показник внеску галузі у загальні викиди CO₂ по країнах, відсоток електросталеплавильного виробництва у технологічних маршрутах країн. Це дозволило оцінити технологічне відставання української металургії, виявити бар'єри та потенціал скорочення викидів. Визначено, що більшість підприємств функціонує із застарілим обладнанням, має високу карбоємність, а показники інтенсивності викидів CO₂ майже удвічі перевищують середньоєвропейські. Низька ставка вуглецевого податку не створює економічних стимулів для глибокої зеленої трансформації виробництва, а тому модернізаційні процеси в металургійній промисловості України мають локальний характер і не призводять до інтенсивного впровадження принципово нових технологій. В обговоренні співставлено результати дослідження з європейським досвідом переходу металургійних підприємств до низьковуглецевих технологій. Наукова новизна полягає у системному зіставленні технологічних і соціально-економічних характеристик металургійної галузі України в умовах війни та їх узгодження з інструментами кліматичної політики ЄС. Визначено ключові бар'єри низьковуглецевого переходу: технічні, фінансові, інституційні та кадрові. Практичне значення результатів роботи полягає у можливості використання отриманих висновків для розробки державних і корпоративних стратегій декарбонізації, оновлення Плану відновлення України, секторальних дорожніх карт і підготовки до інтеграції української промисловості у європейську кліматичну політику. Розвиток української металургії має спиратися на принципи декарбонізації, екологічної та енергетичної модернізації, що забезпечить її конкурентоспроможність на ринках ЄС у межах реалізації Європейського зеленого курсу. *Ключові слова:* декарбонізація, викиди CO₂, кліматична політика, Україна, металургійна галузь, низьковуглецеві технології.

Current state and decarbonization challenges of Ukraine's metallurgical industry. Matukhno O.

The article provides a comprehensive analysis of the current state of Ukraine's metallurgical industry in the context of war and identifies key decarbonization challenges that shape its development trajectory in line with European climate policy requirements. The relevance of the study arises from a dual challenge: the need for post-war industrial recovery and adaptation to European Green Deal objectives. The research methodology is based on a combination of statistical, comparative, and analytical methods. Unified analytical criteria were applied for comparison with EU countries: CO₂ emissions intensity per ton of steel, the industry's contribution to total CO₂ emissions by country, and the percentage of electric steel production in the technological routes of countries. This made it possible to assess the technological lag of Ukrainian metallurgy, identify barriers and the potential for reducing emissions. It was determined that most enterprises operate with outdated equipment, have high carbon intensity, and CO₂ emission intensity indicators are almost twice as high as the European average. The low carbon tax rate does not create economic incentives for a profound green transformation of production, and therefore modernization processes in Ukraine's metallurgical industry remain incremental and do not lead to the intensive introduction of fundamentally new technologies. The discussion compares the results of the study with the European experience of the transition of metallurgical enterprises to low-carbon technologies. The scientific novelty lies in the systematic comparison of the technological and socio-economic characteristics of Ukraine's metallurgical industry in the context of war and their alignment with EU climate policy instruments. The key barriers to low-carbon transition have been identified: technical, financial, institutional, and human resources related. The practical significance of the results lies in the possibility of using the conclusions to develop state and corporate decarbonization strategies, update Ukraine's Recovery Plan, sectoral roadmaps, and prepare for the integration of Ukrainian industry into European climate policy. The development of Ukrainian metallurgy should be based on the principles of decarbonization, environmental and energy modernization, which will ensure its competitiveness in EU markets within the framework of the European Green Deal. *Key words:* decarbonization, CO₂ emissions, climate policy, Ukraine, metallurgical industry, low-carbon technologies.

Постановка проблеми. Металургійна промисловість є важливою складовою економіки України, що забезпечує значну частку промислового виробництва та експорту. Питання конкурентоспроможності української металургії на міжнародному ринку останні роки було актуальним через зміни в гло-

бальній кліматичній політиці. Однак з початку повномасштабної війни в 2022 році, галузь зіткнулася з низкою нових внутрішніх та зовнішніх викликів, які суттєво вплинули на її функціонування. Так, блокада портів і порушення логістики змусили Україну переорієнтовувати металургійну продукцію

на європейські ринки, де діють жорсткі екологічні стандарти. Відсоток експорту української сталі до ЄС виріс з 35% у 2021 році до 57% у 2022-му [1]. Кліматична політика ЄС передбачає значне скорочення викидів парникових газів, що ускладнює експорт металопродукції з високим вуглецевим слідом і стимулює перехід до низьковуглецевих технологій. Без суттєвої декарбонізації технологій українська металургія ризикує втратити доступ до ринків ЄС через впровадження Механізму коригування вуглецю на кордоні (Carbon Border Adjustment Mechanism, CBAM). Металургійний сектор залишатиметься ключовим для майбутнього економічного розвитку та відновлення України після війни, а тому потребуватиме глибокої модернізації на основі принципів енергоефективності та переходу до низьковуглецевих технологій.

Актуальність дослідження полягає в тому, що на сучасному етапі перед Україною постає подвійний виклик: відновлення зруйнованої промислової інфраструктури та необхідність адаптації до європейських екологічних вимог. Таким чином, зовнішні обставини створили підґрунтя для переосмислення структури промисловості України: замість відновлення застарілих підприємств слід впроваджувати сучасні, енергоефективні та екологічно чисті технології з низьким карбоновим слідом. Орієнтація на «зелену» металургію дасть змогу залучити міжнародну фінансову підтримку, зокрема в межах програм реконструкції та адаптації до кліматичних змін.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Дослідження є складовою наукової дискусії щодо шляхів низьковуглецевого розвитку промисловості України та інтеграції у кліматичну політику ЄС і поглиблює наукове розуміння процесів декарбонізації промисловості. Результати дослідження мають практичне значення для формування національних та корпоративних стратегій декарбонізації, удосконалення промислової та екологічної політики, реалізації Плану відновлення України та Низьковуглецевої стратегії України до 2050 року, розробки заходів адаптації галузі до дії інструментів європейської кліматичної політики.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання перспектив розвитку української металургії активно досліджувалося до повномасштабного вторгнення росії в Україну. Так, в роботі [2] визначено довгострокові тенденції і напрямки розвитку металургійних підприємств України в довоєнних умовах, в роботі [3] проаналізовано основні етапи ринкової трансформації металургійної галузі. Автори [4, 5] змоделивали вплив Найкращих Доступних Технологій (Best Available Techniques, англ. BAT, укр. НДТ) на викиди CO₂ української металургійної промисловості. У дослідженні [6] визначено варіанти політичних рішень (10 «Policy Proposals») задля декарбонізації металургійної галузі України.

У зв'язку зі змінами в глобальній кліматичній політиці, євроінтеграцією та підтримкою Україною Європейського зеленого курсу (Green Deal) виконувались дослідження щодо шляхів декарбонізації металургійної промисловості [7-8]. Автори [9-10] оцінили фактори, що вплинули на роботу металургійної промисловості з початку повномасштабної війни. В роботі [11] визначено основні виклики металургійної галузі після початку повномасштабного вторгнення росії в Україну. В дослідженні [12] виконано аналіз та прогнозування можливих змін розташування металургійних заводів і перерозподілу ресурсів у післявоєнних умовах, розроблено стратегії зеленої торгівлі чавуном і сталлю. Автори [13] запропонували загальну концепцію сталого післявоєнного розвитку української металургії.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Попри наявність публікацій присвячених модернізації та декарбонізації української металургії, відсутні узагальнюючі аналітичні дослідження, які системно оцінюють поточний стан галузі в умовах війни та офіційно задекларовані державні й корпоративні плани відновлення в контексті дотримання європейської кліматичної політики. Запропоноване дослідження спрямоване на комплексну оцінку поточного стану галузі та узагальнення існуючих стратегічних ініціатив, що визначають рамкові умови для майбутньої декарбонізації.

Новизна статті. У дослідженні вперше системно зіставлено технологічні, енергетичні, соціально-економічні аспекти функціонування української металургійної галузі в контексті декарбонізації; визначено бар'єри для переходу до низьковуглецевих технологій (технічні, фінансові, кадрові) та узгоджено національні стратегії з інструментами європейської кліматичної політики.

Методологічне або загальнонаукове значення. Запропонований підхід інтегрує техніко-економічний і соціальний аналіз у межах єдиної аналітичної рамки, що дозволяє оцінювати вплив кліматичної політики на структурну трансформацію промислових секторів. Під час зіставлення показників української металургії і країн ЄС використовувались уніфіковані аналітичні критерії, зокрема: інтенсивність викидів CO₂ на тонну сталі, частка технологічних процесів з низькою емісією CO₂ у загальному випуску сталі. Застосування цих критеріїв дало змогу кількісно оцінити технологічну відсталість і потенціал скорочення викидів української металургії відносно середньоєвропейських показників, а також визначити пріоритети інвестиційної та технологічної політики для наближення до стандартів ЄС. Отримані результати сприяють розвитку методології оцінки низьковуглецевих трансформацій у країнах перехідного типу під час кризових ситуацій.

Методика дослідження: кабінетне дослідження (збір наявних технічних звітів, аналітичних та стра-

тегічних документів, національних оглядів, інвентаризацій); метод аналізу (детальне вивчення зібраної інформації, її структурування); метод синтезу; метод класифікації; статистичний аналіз, а саме статистичне спостереження, порівняння, зведення та групування матеріалів статистичних спостережень.

Мета дослідження полягає у комплексному аналізі поточного стану української металургійної галузі в умовах війни та у визначенні ключових декарбонізаційних викликів, які формують траєкторію її подальшого розвитку відповідно до вимог європейської кліматичної політики.

Виклад основного матеріалу. Промисловість України історично мала значні ресурси та можливість виробництва сталі та чавуну. У ході російсько-української війни українська металургійна промисловість зазнала суттєвих втрат. До 2014 року в країні працювало дванадцять металургійних підприємств. У 2025 році на підконтрольній Україні території залишилося лише шість металургійних підприємств, з яких працюють п'ять (табл. 1, розроблено автором на основі джерел [6, 14, 15, дані з сайтів підприємств, власні розрахунки]).

До технічних аспектів декарбонізаційних викликів української металургії слід віднести застарілі технології та обладнання. Більшість українських підприємств чорної металургії оснащені старим обладнанням, експлуатуються понад нормативні терміни. Ступінь зношеності основних засобів в металургійній промисловості становить понад 50% (таблиця 2, розроблено автором на основі джерел [16-18]).

Виробництво сталі в Україні здійснюється за трьома технологічними маршрутами. Найпоширенішим виробничим маршрутом в Україні є «доменна піч-основна киснева піч» (рис. 1, розроблено автором на основі джерела [19]).

Україна ще використовує застарілі та карбоноємні технології такі як мартенівський спосіб виробництва. До війни відсоток мартенівського виробництва в Україні складав біля 18%. Слід зазначити, що мартенівське виробництво супроводжується найбільшою емісією CO₂ в порівнянні з іншими способами виплавки сталі і ЄС вже повністю відмовився від мартенівських печей. В Україні також існували плани модернізації та поступової відмови від мартенівських печей та переходу на конвер-

Таблиця 1

Проектні потужності та випуск сталі металургійними підприємствами, які працюють на підконтрольній Україні території

Назва	Процес*, кількість устаткування	Максимальна виробнича потужність	Випуск продукції, млн. т							Завантаженість, %		
			2013	2015	2017	2019	2021	2023	2024	2021	2023	2024
ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» (Кривий Ріг)	BF, 6	11,45	н/д	н/д	н/д	н/д	5,30	1,52	2,17	46	13	19
	BOF, 6	6,5	6,47	6,09	5,81	5,33	4,90	0,97	1,65	75	15	25
АТ «Запоріжсталь» (Запоріжжя)	BF, 4	4,5	3,22	н/д	н/д	4,49	4,50	2,72	3,10	100	60	69
	OHF, 7+1**	4,7	3,82	3,99	3,93	4,01	3,80	2,47	2,89	81	53	61
ПрАТ «Каметсталь» (Кам'янське)	BF, 3	4,35	н/д	н/д	н/д	н/д	0,85	1,77	1,82	20	41	42
	BOF, 2	3,85	2,93	2,33	1,36	2,22	0,93	2,02	2,1	24	52	55
ТОВ «Інтерпайп Сталь» (Дніпро)	EAF, 1	1,32	1,03	0,58	0,86	0,85	0,97	0,69	0,84	73	52	64
Дніпровський металургійний завод («DCH Steel») (Дніпро)	BF, 2	1,795	н/д	н/д	н/д	н/д	0,16	Не виплавлялась сталь та чавун (виготовлялась продукція з матеріалів замовника)		11	н/д	н/д
	BOF, 3	1,23	1,0	1,01	0,92	0,51	0,273			22	н/д	н/д
ПАТ «Електро-металургійний завод «Дніпроспецсталь» ім. А.М. Кузьміна (Запоріжжя)	EAF, 4	0,91	0,27	0,24	0,26	0,22	0,21	0,08	0,09	23	9	10

* BF – Blast Furnace – доменна піч; BOF – Basic Oxygen Furnace – основна киснева піч (кисневий конвертер); EAF – Electric Arc Furnace – електродугова піч; OHF – Open-Hearth Furnaces – мартенівська піч

**7 мартенівських печей та 1 двованна сталеплавильна установка, яка є модернізованою мартенівською піччю

Таблиця 2

Ступінь зношеності основних засобів у металургії України

Показник	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Ступінь зношеності основних засобів у металургії, %	44,7	41,2	41,2	54,8	65,1	68,9	50,7	55,4	55,8	55

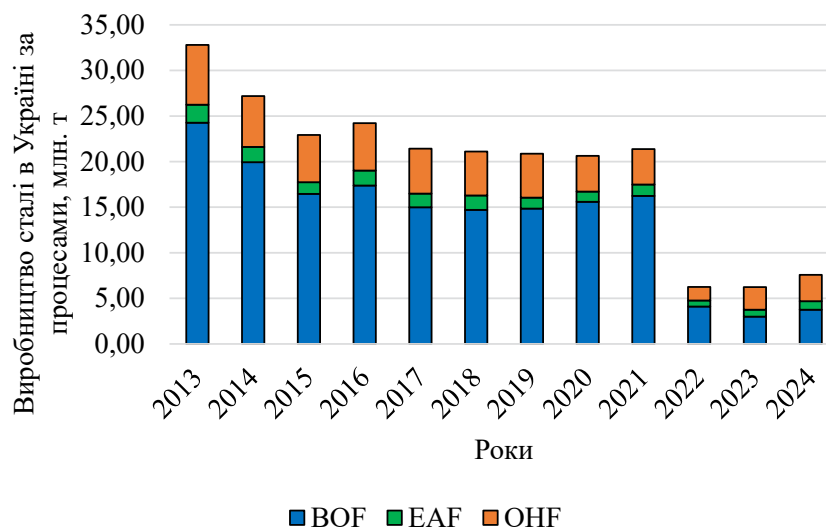


Рис. 1. Виробництво сталі в Україні за процесами

терне виробництво і збільшення електричних печей. Понад 70% сталі українські підприємства до війни виробляли в кисневих конверторах, але через втрату маріупольських підприємств (ПрАТ «Азовсталь» та ПрАТ «Маріупольській металургійний комбінат ім. Ілліча») цей показник знизився до 48% у 2023 році, а відсоток мартенівської сталі в загальному виробництві збільшився до 39,6. Показник по електропечам в Україні у 2023 році залишався в 2,3 рази нижче, ніж в світі та в 3,6 разів нижче, ніж в ЄС.

Оскільки вуглецевий податок в Україні залишається одним з найнижчих в світі і дорівнює лише 30 грн. за тону CO_2 (приблизно 0,6 євро на 2025 рік), це нівелювало його ефективність і промисловість не мала економічних стимулів модернізувати технологічні процеси. З часів надбання незалежності в Україні було заплановано декілька проектів переходу на електросталеплавильне виробництво загальною капітальною вартістю 2 млрд. доларів [14]. Не усі проекти були реалізовані, а частина реалізованих проектів знищена через війну.

Через наявні застарілі технології українська металургійна продукція характеризується високою карбоно- та енергоємністю. Інтенсивність викидів CO_2 чорної металургії в Україні досягає 2,33 тону CO_2 на тону сталі, у ЄС – 1,15 [20]. Більшість викидів парникових газів пов'язані з процесом відновлення заліза в доменній печі (68% від загального обсягу прямих викидів). Українське доменне виробництво

має низький потенціал до зниження викидів ПГ тому що модернізації доменних печей в Україні надавалася значна увага підприємств та науковців до війни і українському доменному виробництві вже максимально задіяно НДТ (ВАТ) [21-22]. Конвертерна технологія також не має значного потенціалу для зниження викидів. За розрахунками [4-5] застосування НДТ (ВАТ) дозволить знизити викиди ПГ на 25-30%, що недостатньо для досягнення кліматичних цілей.

Світова статистика та свідчить, що на металургійну промисловість припадає приблизно 7-9% від загальних глобальних викидів CO_2 . Для України цей показник значно вище: за підрахунками автора на базі даних [23] – 15,86% у 2021 році. Вибір країн для порівняння ґрунтувався на обсягах річного виробництва сталі та викидах CO_2 в 2019 році (рисунок 2, розроблено автором на основі джерел [14, 22, 24]).

Внесок Української металургії в загальні викиди по країні є найвищим серед країн, що розглядаються. Це пов'язано з високою карбоноємністю та застарілими технологіями української металургії, Україна демонструє найнижчий відсоток використання електричних печей (5,8%). Цікавим є приклад Польщі, яка при зростанні виробництва (на 13% порівняно з базовим 2013 роком) одночасно досягла зниження викидів CO_2 (зниження на 3%), що може бути пояснено активним застосуванням електричних печей (45,1%). Найкращі показники демонструє Італія з часткою електрометалургії 81,9% та зниженням

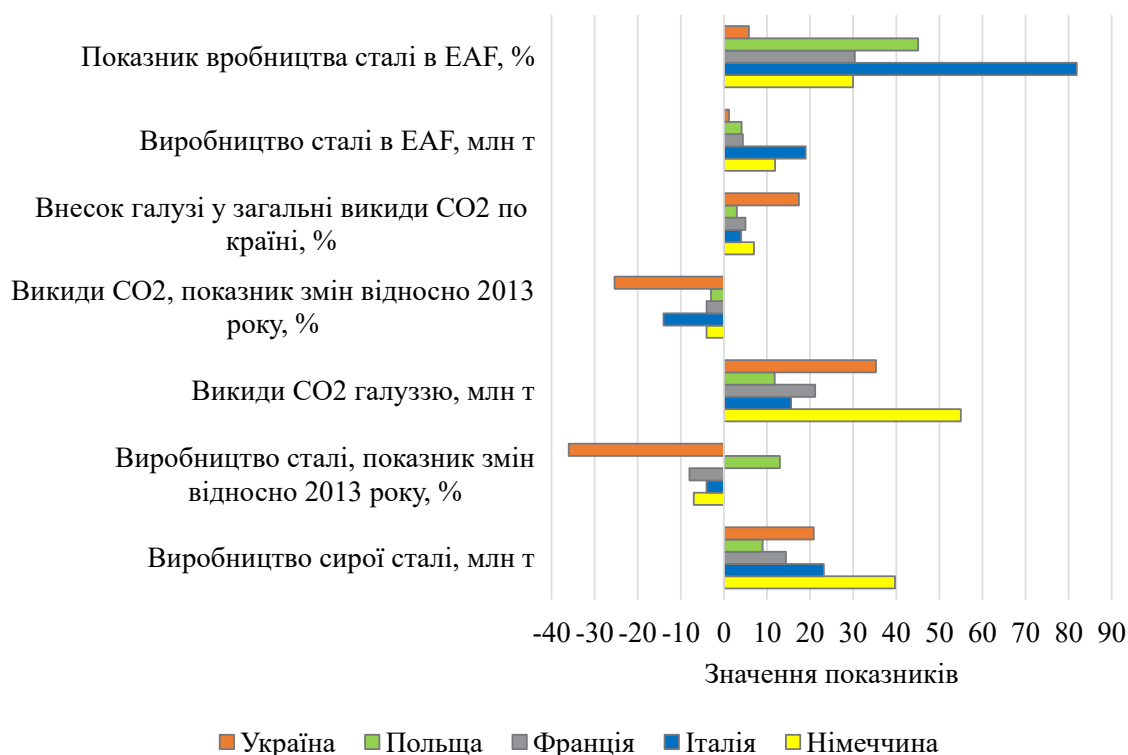


Рис. 2. Показники металургійного сектору України та окремих країн ЄС (2019 рік)

викидів на 14% при зниженні виробництва на 4% порівняно з базовим 2013 роком.

Економічні аспекти декарбонізаційних викликів металургійної галузі України полягають у інвестиціях. Металургійні підприємства України з часів надбання незалежності інвестували переважно в капітальні ремонти та енергомодернізацію, а не в перехід на нові технологічні процеси з низькою емісією CO₂. За даними GMK-Center [25, 26] в середньому 70% капітальних інвестицій до війни витрачалося на підтримку існуючих потужностей. Головним джерелом фінансування інвестицій є власні кошти підприємств. Найбільша кількість інвестиційних проектів у 2015-2021 роках впроваджувалась в доменному переділі: загальна кількість 13 проектів, вартістю майже 454 млн. \$. Для порівняння за зазначений проміжок часу впроваджено 4 проекти в коксохімічному виробництві, вартість 182 млн. \$, 3 в сталеливарному, вартість 303 млн. \$. Значна кількість проектів була реалізована на великих підприємствах в Маріуполі (ПрАТ «Азовсталь» та ПрАТ «Маріупольський металургійний комбінат ім. Ілліча»), які були знищені на початку 2022 року.

У 2021 році металургійний сектор забезпечував кожен третій долар у загальному обсязі капітальних інвестицій у промисловість України. Капітальні інвестиції найбільших металургійних компаній України у 2023 році були на 72% нижче, ніж у 2021 році та склали 254 млн. \$ (рисунком 3, розроблено автором на

основі джерел [25, 26]). Але таке падіння відповідає падінню випуску основної продукції, що означає, що капітальні витрати на тонну сталі залишилися наближені до показників 2021 року. Падіння обсягів інвестицій в 2015-2016 році були пов'язані як з втратою контролю над частиною підприємств на окупованих росією територіях, так і через падіння цін на світовому ринку, що вплинуло на інвестиційні можливості підприємств. Однак, за підрахунками GMK-Center [25] в перерахунку на тонну сталі інвестиції у 2016-2020 роках зросли та склали 29,2 \$/т сталі у порівнянні з інвестиціями 23 \$/т сталі протягом 2010-2015 років.

При цьому слід відмітити, що для підтримання конкурентоздатності української металургійної продукції на міжнародних ринках галузь потребує кардинальної технологічної модернізації, а відповідно, більших капітальних інвестицій. За оцінками GMK-Center для досягнення вуглецевої нейтральності українська сталеливарна промисловість до 2022 року потребувала інвестицій у розмірі 25,5 млрд. \$, цифру оновлено у 2025 році і вона складає 12 млрд. \$ [25, 26]. При цьому, наприклад, інвестиційний план АрселорМіттал Кривий Ріг ставив на меті досягнення вуглецевої нейтральності до 2050 року і закладав 1 млрд. на капітальні витрати протягом 2022-2032 років. Міжнародна гірничо-металургійна група компаній Метінвест розглядала можливість будівництва нового сталеплавильного виробни-

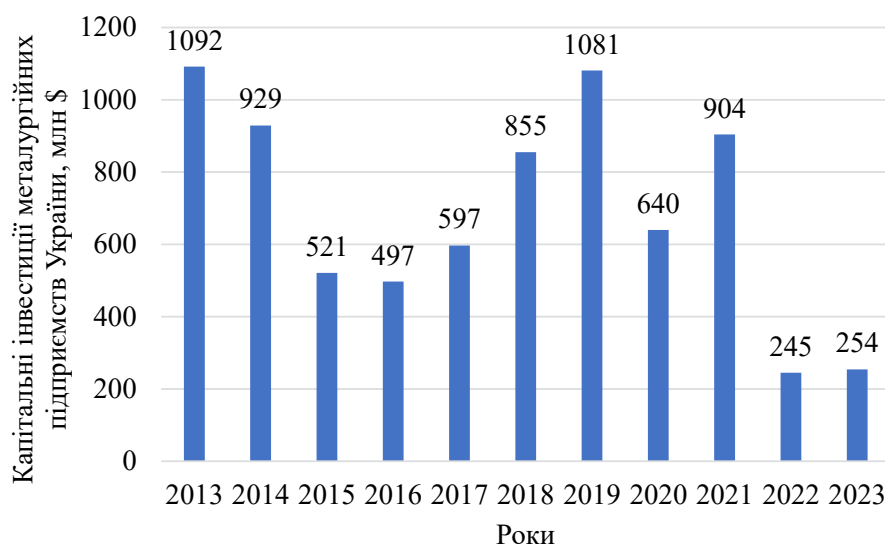


Рис. 3. Капітальні інвестиції металургійних підприємств України, млн. \$

цтва з модулями виробництва чавуну прямого відновлення (DRI) і заводу EAF для гарячої обробки DRI вартістю щонайменше \$3-3,5 млрд CAPEX. Група Метінвест незважаючи на втрати своїх підприємств у Маріуполі інвестувала у 2023 році у виробничі потужності металургійного виробництва «Каметсталь» та «Запоріжсталь» 65 млн. \$. А протягом 5-10 років після завершення війни Метінвест планувала глибоку декарбонізацію своїх українських активів загальною вартістю біля 9 млрд. Компанія Інтерпайп у 2024 році презентувала інвестиційний проект з будівництва другої черги електросталеплавильного комплексу «Інтерпайп Сталь» для розширення «зелених» потужностей виробництва сталі, вартістю близько 1 млрд. \$.

Не менш важливим за технічні та економічні виклики є соціальні проблеми металургійної галузі України, які полягають в суттєвому зменшенні кадрового потенціалу з 2022 року. Так, до 2021 року у галузі працювало близько 209 тис. осіб [17], а у 2025 лише 98 тис. осіб [27], що пов'язано як з втратами виробничих потужностей, так й з мобілізацією персоналу металургійних підприємств до Збройних сил України, що додатково скоротило кадровий ресурс галузі на 15-20%. Значний мультиплікаційний ефект галузі (один працівник у металургії до війни забезпечував у середньому 4,5 робочих місця у пов'язаних секторах економіки) здійснює суттєвий вплив на загальну зайнятість у металургійних регіонах і на національну економіку.

Обговорення результатів дослідження.

Результати дослідження демонструють, що головними декарбонізаційними викликами для української металургії залишаються висока вуглецеємність і низький рівень технологічної модернізації. Інтенсивність викидів CO₂ у металургійній галузі України перевищує показники ЄС майже в 2 рази,

що вказує на системну залежність від доменно-конвертерного циклу з використанням коксу та природного газу. Ця технологічна інерція зумовлена як відсутністю економічних стимулів (низький вуглецевий податок), так і обмеженим доступом до інвестиційних ресурсів та інноваційних технологій.

Попри часткову модернізацію (капремонти, енергозбереження), більшість проєктів мають локальний, обмежений ефект, а не трансформаційний характер, тобто спрямовані на продовження життєвого циклу технологічних маршрутів, а не на їх заміну. Порівняно з країнами ЄС, де розпочато масштабне впровадження водневих і електросталеплавильних технологій (HYBRIT та H2Green Steel в Швеції, SALCOS у Німеччині) Україна перебуває лише на початковому етапі планування низьковуглецевого переходу.

Застосування НДТ (BAT) металургійними підприємствами України потенційно дозволить скоротити викиди ПГ на 25-30%, однак цього недостатньо для досягнення кліматичних цілей (кліматична нейтральність до 2050 року). Для порівняння європейські виробники (ArcelorMittal Europe, ThyssenKrupp, Voestalpine) планують скорочення викидів на 30-50% вже до 2030 року завдяки частковому переходу на газово- або водневе пряме відновлення заліза (Direct Reduction Iron, DRI) і розширенню електросталеплавильних потужностей (EAF). Таким чином, без масштабної технологічної трансформації українська сталь залишатиметься неконкурентною в умовах дії CBAM.

З точки зору економічних аспектів, високі інвестиційні бар'єри залишаються ключовими обмеженнями. Під час війни структура планованих інвестицій змістилась у бік підтримки існуючих потужностей (ремонти, енергомодернізація), тоді як проєкти зі створення нових низьковуглецевих вироб-

ництв залишаються на рівні концепцій. Позитивним сигналом є плани підприємств щодо DRI та EAF орієнтованих проєктів [25], які, однак, потребують міжнародного фінансування.

Соціальний вимір декарбонізації є не менш значущим. Втрата понад 100 тис. робочих місць і мобілізація персоналу посилюють проблему кадрового дефіциту, що може ускладнити майбутню модернізацію. Водночас концепція «Справедливого переходу» (Just Transition) вимагає поєднання технологічної та соціальної трансформації, тобто перепідготовки кадрів, створення нових робочих місць у суміжних «зелених» галузях (енергетика, машинобудування). Досвід Польщі та Чехії демонструє, що синхронізація промислової політики з регіональними програмами зайнятості значно знижує соціальні ризики від переходу до низьковуглецевої економіки.

У цьому контексті План відновлення України відіграє системоутворюючу роль. У Плані передбачено інвестиції у «зелені» металургійні потужності: будівництво EAF для виробництва 2,5-5 млн. т зеленої сталі; створення H_2 -сумісних модулів DRI/HBI (Hot-Briquetted Iron, гарячобрикетоване залізо) для виробництва 5 млн. т DRI/HBI; будівництво/модернізація фабрик збагачення залізної руди (флотація) та будівництво нових потужностей для виробництва 7 млн. т окатишів класу DR. Ці заходи можуть стати ядром формування нової промислової моделі в Україні, відповідають принципам Європейського зеленого курсу і підтримують інтеграцію України до європейського кліматичного простору, проте для їх реалізації потрібна синергія державної політики, міжнародного фінансування і корпоративних стратегій.

Отже, результати дослідження свідчать, що декарбонізація української металургії можлива лише

за умов інституційної інтеграції з європейською кліматичною політикою, масштабної трансформації технологічних процесів і переорієнтації інвестицій на низьковуглецеві виробництва. Без цього галузь ризикує втратити конкурентні позиції на внутрішньому ринку ЄС після повного запуску СВМ.

Висновки. Металургійна галузь України характеризується високою вуглецеємністю, енегоемністю та технологічною відсталістю, що унеможливорює конкурентність у межах політики Європейського зеленого курсу без глибокої модернізації.

Впровадження СВМ і декарбонізаційні цілі ЄС формують зовнішній стимул до низьковуглецевої трансформації української металургії.

Післявоєнне відновлення має стати переходом до низьковуглецевих технологій (електропечі, пряме відновлення заліза, водневі технології), що забезпечать зменшення викидів CO_2 , відповідність кліматичним зобов'язанням України і збереже конкурентоздатність металургійної продукції на ринку ЄС.

Реалізація «зеленої» трансформації металургійної галузі України потребує державної підтримки, міжнародного фінансування та координації з європейськими екологічними програмами.

Перспективи використання результатів дослідження. Результати дослідження можуть стати основою для подальшого моделювання сценаріїв розвитку української металургійної галузі, оцінки економічної ефективності впровадження низьковуглецевих технологій під впливом інструментів кліматичної політики ЄС (Система торгівлі викидами, СВМ), також можуть бути корисними у державному плануванні (оновлення Плану відновлення України, секторальні дорожні карти декарбонізації), при розробці корпоративних стратегій металургійних компаній.

Література

1. Агапова В. Заблокована логістика, світова конкуренція та трикратне падіння експорту. Як війна змінила українську металургію, яка давала основний приплив валюти. *Дослідження «Вокс Україна»*. 2023. 27 червня. URL: <https://forbes.ua/money/eksport-metaloproduktii-vpav-utrichi-shcho-viyna-zminila-v-ukrainskikh-metallurgiv-yaki-davali-osnovnikh-pritok-valyuti-v-krainu-27062023-14446>
2. Нікіфорова В. А. Довгострокові фактори і тенденції розвитку металургії України. *Економіка промисловості*. 2022. № 1(97). С. 32-60. DOI: 10.15407/econindustry2022.01.032
3. Венгер В. В., Романовська Н. І., Чижевська М. Б. Тенденції та вектори розвитку металургійної галузі України. *Агросвіт*. 2022. № 4. С. 37-47. DOI: 10.32702/2306-6792.2022.4.37
4. Shatokha V., Matukhno E. Climate change mitigation scenarios for the Ukrainian steel sector based on Best Available Technologies deployment. *Procedia Environmental Science, Engineering and Management*. 2021. № 8 (2). P. 507-517. URL: https://procedia-esem.eu/pdf/issues/2021/no2/21_53_Shatokha_21.pdf
5. Shatokha V., Matukhno E., Belokon K., Shmatkov G. Potential Means to Reduce CO_2 Emissions of Iron and Steel Industry in Ukraine Using Best Available Technologies. *Journal of Sustainable Metallurgy*. 2020. № 6 (3). P. 451-462. DOI:10.1007/s40831-020-00289-0
6. Saha, D. Towards a decarbonisation of Ukraine's steel sector. Selected high-impact measures. *Low Carbon Ukraine*. 2021. URL: <https://www.lowcarbonukraine.com/wp-content/uploads/Towards-a-decarbonisation-of-Ukraines-steel-sector-1.pdf>
7. Wiesinger H., Zinchenko S., Tarasenko, A., Gluschenko A. Decarbonization of the steel industry: a challenge for the coming decades. *GMK Center*. 2021. URL: https://gmk.center/wp-content/uploads/2021/07/Decarbonisation-eng_2021.pdf
8. Бабаченко О.І., Тубольцев Л.Г., Меркулов О.Є. Перспективи декарбонізації металургійних технологій. *Фундаментальні та прикладні проблеми чорної металургії*. 2021. Вип. 35. С. 4-33. DOI: 10.52150/2522-9117-2021-35-4-33
9. Liahovska O., Koval, L. The current state of the Ukrainian metallurgical industry. *Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Bankowej w Poznaniu*. 2022. № 98(3). P. 37-45. DOI: 10.58683/01.3001.0016.2749

10. Narivskiy A., Smirnov O., Timoshenko S. Steel production in Ukraine: current state and prospects (review). *Metal and Casting of Ukraine*. 2022. Vol. 30, № 3 (330). P. 28-47. URL: <https://www.metalsandcasting.com/index.php/mcu/article/view/26/26>
11. Двудіт З.П., Андрусяк К.А. Виклики металургійної галузі України в умовах сьогодення. *Менеджмент та підприємництво в Україні: етапи становлення та проблеми розвитку*. 2023. № 1(9). С. 261-268. URL: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2023/sep/31284/menedzhment-265-272.pdf>
12. Devlin A., Mykhnenko V., Zagoruichyk A., Salmon N., Soldak M. Techno-economic optimisation of steel supply chains in the clean energy transition: A case study of post-war Ukraine. *Journal of Cleaner Production*. 2024. Vol. 466. DOI: 10.1016/j.jclepro.2024.142675.
13. Тубольцев Л.Г., Меркулов О.Є., Пригунова А.Г., Нарівський А.В. Концепція сталого розвитку чорної металургії України в сучасних умовах. *Метал та лиття України*. 2022. Том 30. № 4. С. 8-19.
14. Ukrainian Iron & Steel Industry in Figures 2020. *GMK Center*. 2022. URL: https://gmk.center/wp-content/uploads/2020/07/Ukrainian-iron-steel-industry-in-figures-2020_compressed-6.pdf.
15. The Results of the Mining & Metallurgical Complex of Ukraine Activity in 2020. *Ukrmetallurgprom*. 2021. URL: <https://www.ukrmetprom.org/the-results-of-the-mining-metallurgical-complex-of-ukraine-activity-in-2020/>
16. Нікіфорова В. Економічний огляд металургійної галузі України. *Інститут економіки промисловості НАН України*. 2019. 7 листопада. URL: <https://rating.zone/ekonomichnyj-ohliad-metallurhiynoi-haluzi-ukrainy>
17. Промисловість України у 2016 -2020 роках: стат. зб. / Державна служба статистики України, Київ. 2021. 296 с. URL: https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2021/zb/12/zb_prom_16_20.pdf
18. Fixed assets and capital investments. Depreciation rate of fixed assets / Державна служба статистики України. 2024. URL: <https://stat.gov.ua/en/topics/fixed-assets-and-capital-investments>
19. World steel website. URL: <https://worldsteel.org/>
20. Koolen D., Vidovic D. Greenhouse gas intensities of the EU steel industry and its trading partners. Joint Research Centre Technical Report, JRC129297. *Publications Office of the European Union, Luxembourg*. 2022. DOI: 10.2760/170198
21. Оцінка конкурентоспроможності виробників сталі України за показниками викидів CO₂. *GMK-Center*. 2021. URL: https://gmk.center/wp-content/uploads/2022/08/Ud_vybrosy.pdf
22. Шатоха В.І., Матухно О.В. Моделювання сценаріїв модернізації металургійної галузі України до 2030 року з метою скорочення викидів діоксиду вуглецю. *Екологічні науки*. 2020. № 3(30). С. 104-109. DOI: 10.32846/2306-9716/2020.eco.3-30.17
23. 2024 National Inventory Document. Ukraine. *United Nations Climate Change*. URL: <https://unfccc.int/documents/645143>
24. Mendelevitch R., Hermann H., Graichen V., Bibu T., Lettow F., & Nissen Ch. Development of the iron and steelmaking sector under the EU-ETS. Overview and country-level analysis from 2005 to 2019. *Report as part of joint project with INFRAS*. Zurich. Öko-Institut, Berlin. 2022. 150 p.
25. Iron & steel sector of Ukraine: investments in the future. Investment outlook of Ukrainian iron & steel companies. *GMK Center*. 2021. URL: https://gmk.center/wp-content/uploads/2021/12/2021_GMK-Invest-Eng.pdf
26. Воронцов І. Декарбонізація сталевих промисловості України: європейський шлях. *GMK Center* 2025. 16 жовтня. URL: <https://gmk.center/ua/posts/dekarbonizaciya-stalevoi-promislovosti-ukraini-ievropejskij-shlyah/>
27. Zinchenko S. Opportunities for rebuilding for iron and steel industry of Ukraine. *OECD Steel Committee, 97th Session*. (Paris, 31 March-1 April 2025). 22 P. URL: https://gmk.center/wp-content/uploads/2025/04/2025_Ukr-IS-Rebuild.pdf

Дата першого надходження рукопису до видання: 28.10.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 28.11.2025

Дата публікації: 15.12.2025