

УДК 339.9:504.06:669  
DOI: 10.60022/3(4)-33S

**Логвиненко Євгеній Олександрович**

здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти кафедри міжнародної економіки  
Київський національний університет ім. Вадима Гетьмана, Україна

**Lohvynenko Yevhenii**

PhD student in the Department of International Economics

Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman, Ukraine

ORCID: 0009-0004-4634-7445

## МЕТАЛУРГІЯ ЯК ДЖЕРЕЛО ВУГЛЕЦЕВИХ ЕКСТЕРНАЛІЙ У ГЛОБАЛЬНИХ ЛАНЦЮГАХ ВАРТОСТІ

**Анотація.** У статті досліджено металургію як одне з ключових джерел вуглецевих екстерналій у глобальних ланцюгах створення вартості. Метою дослідження є виявлення економічної природи вбудованих викидів, що виникають у процесі виробництва сталі та переміщуються до інших секторів економіки через міжгалузеві зв'язки. Методологічну основу становлять підходи глобального міжгалузевого аналізу, концепція вбудованих викидів, а також розрахунок авторського індексу вбудованих викидів (EEI) на основі даних OECD TiVA та Greenhouse Gas Footprints. Обґрунтовано дуалістичну роль металургії: з одного боку, вона є значним джерелом парникових газів, а з іншого – матеріальною основою низьковуглецевої трансформації. Встановлено, що найбільший вплив металургійних викидів простежується у секторах, тісно інтегрованих із металургійним виробництвом. Результати дослідження можуть бути використані для вдосконалення кліматичної політики, оцінки вуглецевого витоку та формування ефективних підходів до декарбонізації промисловості.

**Ключові слова:** декарбонізація, металургія, глобальні ланцюги вартості, вуглецеві екстерналії, вбудовані викиди.

## METALLURGY AS A SOURCE OF CARBON EXTERNALITIES IN GLOBAL VALUE CHAINS

**Abstract.** The article examines metallurgy as one of the key sources of carbon externalities in global value chains. The aim of the study is to identify the economic nature of embedded emissions that arise in the steel production process and are transferred to other sectors of the economy through cross-sectoral linkages. The methodological basis is the approaches of global cross-sector analysis, the concept of embedded emissions, as well as the calculation of the author's embedded emissions index (EEI) based on OECD TiVA and Greenhouse Gas Footprints data. The dual role of metallurgy is substantiated: on the one hand, it is a significant source of greenhouse gases, and on the other, it is the material basis of low-carbon transformation. It is established that the greatest impact of metallurgical emissions is observed in sectors closely integrated with metallurgical production. The results of the study can be used to improve climate policy, assess carbon leakage, and develop effective approaches to industrial decarbonization.

**Keywords:** decarbonization, metallurgy, global value chains, carbon externalities, embodied emissions.

**Постановка проблеми.** На тлі зміни клімату декарбонізація промисловості стала одним із головних викликів для світової економіки. Металургійна промисловість, особливо виробництво сталі, відіграє ключову роль у цьому процесі через свою високу вуглецеву інтенсивність та системоутворюючий характер у глобальних ланцюгах створення вартості. Оскільки сталь широко використовується в будівництві, машинобудуванні, автомобілебудуванні тощо, викиди, пов'язані з її виробництвом, поширюються на інші сектори економіки. У міжнародній торгівлі ці викиди «вбудовуються» у кінцеву та проміжну продукцію, переміщаючись між країнами, створюючи асиметрію відповідальності між країнами-виробниками та споживачами. Це призводить до створення вуглецевих екстерналій, які потребують належного обліку, а також вимагає дослідження міжгалузевих зв'язків та міжнародної



спеціалізації для формування більш цілісної перспективи для досягнення глобального визначення та кількісної оцінки цих факторів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У сучасній науковій літературі проблема вуглецевих екстерналій дедалі частіше розглядається крізь призму глобальних ланцюгів створення вартості та концепції вбудованих викидів.

Базові методологічні підходи до їх вимірювання сформовано у працях ОЕСР, де на основі таблиць «витрати–випуск» показано, як міжнародна торгівля змінює розподіл відповідальності за емісію парникових газів між країнами-виробниками та споживачами. Згідно з розрахунками, у 2015 році приблизно 8,8 Гт CO<sub>2</sub> світових викидів від спалювання палива було пов'язано з міжнародною торгівлею, серед яких виробництво основних металів і металевих виробів займало 16,1% [1]. Дослідження G. Peters та E. Hertwich теж ґрунтується на моделі «витрати–випуск» та свідчить про значний географічний розрив між місцем виробництва товарів та місцем їх споживання [2].

На думку M. Rumsa, M. John, W. Biswas геополітика та динаміка ринку тільки ускладнюють перехідні зусилля в усьому ланцюжку створення вартості сталі, підтверджуючи думку про те, що глобальна проблема вимагає глобально інтегрованого рішення. Висвітлено критичне ставлення до існуючих стратегій декарбонізації – на думку авторів, у більшості сценаріїв сталеливарний сектор рухається до near-zero, однак, не до net-zero [3].

Q. Shi та інші аналізують вплив участі 33 країн ініціативи «один пояс, один шлях» у глобальних ланцюгах доданої вартості на рівень їхньої вуглецевої інтенсивності. На думку авторів, участь цих країн у глобальних ланцюгах доданої вартості по-різному впливає на їхню вуглецеву інтенсивність: висхідні етапи (дизайн, розробка) сприяють її зниженню, тоді як нижчі виробничі ланки підвищують екологічне навантаження. Автори підкреслюють, що просування до більш складних стадій виробництва є ключовим чинником покращення екологічних показників і переходу до «зеленої» економіки [4].

В українській науковій літературі металургія дедалі частіше розглядається як сектор, чутливий до глобальних екологічних та кліматичних змін. У цьому контексті В. Нікіфорова аналізує сталеливарну промисловість як елемент глобальної виробничої системи, в якій екологічні параметри дедалі сильніше впливають на конкурентоспроможність галузі [5]. І. Навольнев та Н. Максимова у своєму дослідженні фактично конкретизують механізми виникнення вуглецевих екстерналій у металургії, що пояснюються її технологічною архітектурою, енергоємністю та джерелами енергії [6]. Я. Столярчук та інші аналізують механізми впливу екологічної політики на міжнародні економічні відносини, приділяючи особливу увагу трансформації глобальних ланцюгів вартості під впливом екологічних вимог [7].

Таким чином, у літературі вже достатньо глибоко висвітлена проблема кількісної оцінки викидів та транскордонного витоку вуглецю в контексті глобальної торговельної політики. Однак, саме бачення сталі як специфічного джерела вуглецевих екстерналій у глобальних ланцюгах створення вартості як проміжного товару, через який викиди передаються між країнами, галузями залишається недостатньо систематизованим. Це означає необхідність додаткових досліджень виникнення таких екстерналій, їх міжкордонного переміщення, належної оцінки з урахуванням міжгалузевих зв'язків, міжнародної спеціалізації та інструментів кліматичної політики.

**Метою статті** є комплексне дослідження металургійної галузі як джерела вуглецевих екстерналій у глобальних ланцюгах створення вартості шляхом визначення економічної природи та механізмів формування вбудованих викидів парникових газів, оцінки їх міжгалузевого переміщення та кількісного вимірювання за допомогою індексу вбудованих викидів (EEI).

**Виклад основного матеріалу.** Світова сталеливарна індустрія є досить вуглецево-інтенсивною та енергоємною галуззю – емітований нею CO<sub>2</sub> формує близько 7% від глобальних викидів, а обсяг спожитої енергії від світового показника сягає 8% [8, с. 5]. Це спричинює поширення негативних вуглецевих екстерналій на суміжні галузі промисловості, де сталь використовується як незамінний та базовий матеріал (рис. 1).

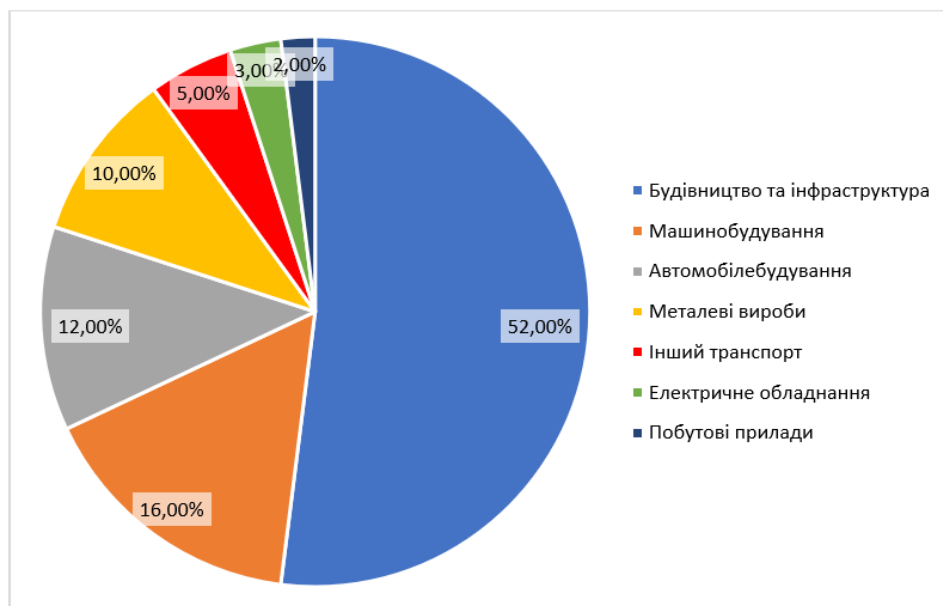


Рис. 1. Сукупні світові обсяги використання сталі за секторами економіки у 2023 р.

*Джерело: сформовано автором за даними [9]*

Водночас зведення металургійного виробництва виключно до негативного екологічного чинника не є коректним. Наприклад, для виробництва «зеленої» сталі металургійні комбінати потребують «зеленої» електроенергії, отриманої з відновлювальних джерел енергії. Водночас розвиток інфраструктури відновлюваної енергетики є структурно обумовленим металургійною продукцією: кожен новий МВт сонячної енергії потребує від 35 до 45 тонн сталі, а кожен новий МВт вітрової енергії обумовлює потребу у від 120 до 180 тонн сталі [10].

Не є винятком і галузь автомобілебудування. Масове використання електромобілів замість транспортних засобів з двигунами внутрішнього згоряння, очевидно, сприяє скороченню викидів від спалювання палива. Водночас оцінка реального екологічного ефекту такого переходу потребує врахування матеріаломісткості виробництва, адже за різними оцінками сталіємість одного транспортного засобу становить 750-900 кг [11; 12]. Це означає, що збільшення частки виробництва електромобілів матиме обмежений екологічний ефект, оскільки негативні вуглецеві екстерналії від виробництва сталі продовжуватимуть впливати на зміну клімату. Отже, з одного боку, сталь виступає як фактор формування кліматичних змін, а з іншого боку, сталь є невід'ємною матеріальною основою низьковуглецевого переходу (рис. 2).

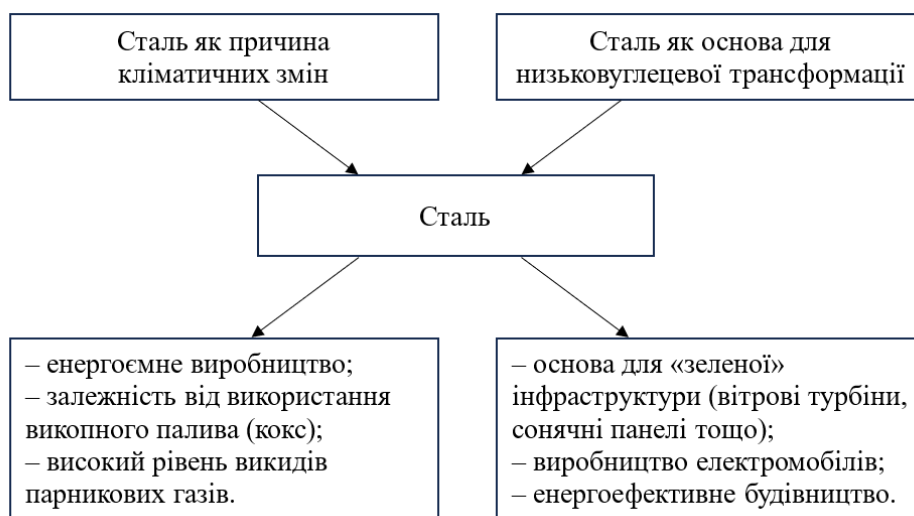


Рис. 2. Дуалізм сталі в контексті кліматичних змін

*Джерело: сформовано автором*

Представлена на рисунку модель демонструє, що металургія характеризується структурним дуалізмом: з одного боку, як джерело викидів, а з іншого – як інструмент їх скорочення. Це створює необхідність пошуку балансу між скороченням викидів у виробництві сталі та забезпеченням зростаючого попиту на неї в умовах кліматичної трансформації економіки.

Специфіка сталеливарної промисловості полягає у високому рівні інтегрованості як на початкових стадіях виробництва, пов'язаних із видобутком і первинною переробкою сировини, так і на проміжних етапах, котрі охоплюють виробництво чавуну, сталі та металопродукату. Функціонування металургії у структурі глобальних ланцюгів створення вартості зумовлює формування значного обсягу так званих «вбудованих» викидів парникових газів, які переміщуються до наступних стадій виробництва та втілюються у кінцевій продукції різних галузей. Зокрема, викиди, що генеруються на етапі виробництва сталі, опосередковано включаються у вартість та екологічний слід продукції машинобудування, будівництва, транспортної інфраструктури та енергетики. Таким чином, справедливим буде висновок, що металургійна індустрія є одним із ключових джерел формування вуглецевих екстерналій у глобальній економіці.

Економічна природа таких екстерналій полягає у розриві між приватними витратами виробників металопродукції та суспільними витратами, пов'язаними з негативними наслідками викидів парникових газів. У більшості випадків ці витрати не враховуються у ринковій ціні продукції, що, у свою чергу, призводить до системного недооцінювання екологічного навантаження металургійної індустрії та створює передумови для неефективного розподілу ресурсів у глобальному масштабі. Це зумовлює переміщення енергоємних металургійних виробництв до країн із менш жорстким екологічним регулюванням, що створює ефект «вуглецевого витоку», за якого зниження викидів у розвинених країнах супроводжується їх зростанням у країнах, що розвиваються.

Таким чином, сталь виконує подвійну функцію у глобальній економіці: з одного боку, вона є необхідною передумовою функціонування більшості виробничих систем, а з іншого – одним із найбільш вуглецево-інтенсивних секторів, що генерує значні негативні екстерналії. Це визначає необхідність трансформації її ролі у глобальних ланцюгах створення вартості на засадах декарбонізації та підвищення екологічної ефективності виробництва. Формування вбудованих викидів у глобальному ланцюзі створення вартості металургійної продукції представлено на рис. 3, який ілюструє переміщення вуглецевих викидів від первинних стадій виробництва до кінцевих секторів споживання.

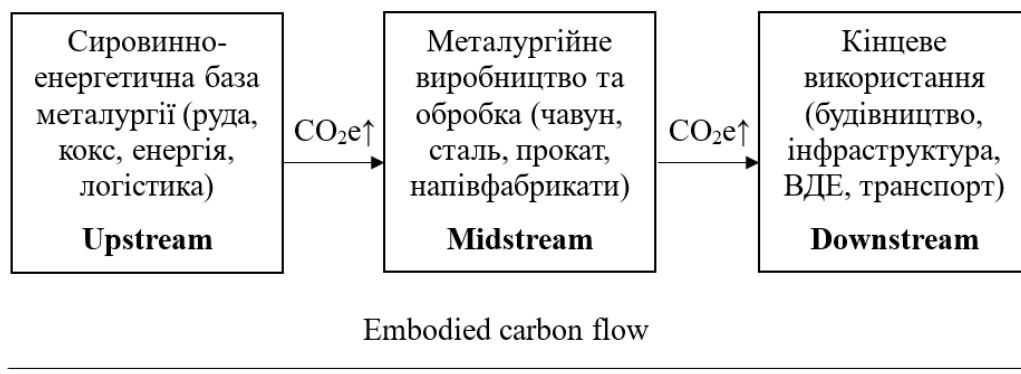


Рис. 3. Схема формування вбудованих викидів у ланцюзі створення вартості  
*Джерело: сформовано автором*

Схема відображає послідовний рух матеріальних і енергетичних потоків через три ключові стадії upstream (початкові), midstream (проміжні) і downstream (кінцеві). Ключовим елементом схеми є потік вбудованих викидів вуглецю (embodied carbon flow), що ілюструє перенесення вуглецевих викидів уздовж ланцюга створення вартості. Відтак, викиди, сформовані на попередніх стадіях виробництва, «вбудовуються» у металопродукцію та фактично переносяться далі по ланцюгу створення вартості до кінцевого використання.

Для оцінки ролі металургійної індустрії у формуванні вуглецевих екстерналій у глобальних ланцюгах створення вартості запропоновано індекс вбудованих викидів, який дозволяє кількісно оцінити обсяг викидів парникових газів, імпліцитно перенесених у кінцеву продукцію через металургійну складову. На відміну від існуючих підходів, що фокусуються переважно на прямій вуглецевій інтенсивності виробництва, запропонований індекс враховує структуру доданої вартості та міжгалузеві зв'язки у глобальних ланцюгах. Індекс вбудованих викидів пропонується визначити за формулою:

$$EEI = \sum_{i=1}^n (CI_i \times VA_i) \quad (1)$$

*EEI* (Embodied Emissions Index) – індекс вбудованих викидів у продукції

$CI_i$  (Carbon Intensity)– вуглецева інтенсивність виробництва металу на  $i$ -й стадії (кг CO<sub>2</sub>-екв. / USD виробленої продукції)

$VA_i$  (Value Added) – частка металургійної складової у доданій вартості кінцевого продукту

$i$  – стадії ланцюга (сировина → сталь → прокат → кінцевий продукт).

Для розрахунку індексу використано останні доступні дані OECD за 2020 рік, де базовим сектором аналізу обрано C24 (виробництво базових металів) в Україні. Вуглецеву інтенсивність визначено як відношення сукупних викидів парникових газів від сектору C24 (Scope 1, Scope 2 та Scope 3 upstream) до валового випуску сектору C24, що дозволяє оцінити обсяг викидів у розрахунку на одиницю валового випуску у вартісному вираженні.

Для оцінки ролі металургії у формуванні вуглецевих екстерналій у ланцюгах створення вартості використано показники доданої вартості (FDVA), що відображають внесок сектору C24 у кінцевий попит інших секторів економіки. Зокрема, аналіз зосереджено на секторах-споживачах металургійної продукції: C25 (вироби з металу), C27 (електрообладнання), C28 (машини та обладнання), C29 (автомобілебудування), C30 (інший транспорт), F (будівництво), а також C10T12 (харчова промисловість), який використовується як контрольний сектор із відносно низькою залежністю від металургії. Таким чином, для кожного з зазначених секторів оцінюється частка доданої вартості, створеної у секторі C24 (базові метали) в Україні та інкорпорованої у їхній кінцевий попит (табл. 1).

Таблиця 1

Індекс вбудованих викидів за секторами

| Сектор | CI, кг CO <sub>2</sub> -екв. / USD | VA    | EEI     |
|--------|------------------------------------|-------|---------|
| C25    | 4,55                               | 0,071 | 0,32305 |
| C27    | 4,55                               | 0,010 | 0,04550 |
| C28    | 4,55                               | 0,022 | 0,10010 |
| C29    | 4,55                               | 0,007 | 0,03185 |
| C30    | 4,55                               | 0,033 | 0,15015 |
| F      | 4,55                               | 0,014 | 0,06370 |
| C10T12 | 4,55                               | 0,006 | 0,02730 |

Джерело: складено на основі [13; 14; 15]

Представлені результати свідчать про суттєву диференціацію рівня вуглецевої інтенсивності між секторами, що обумовлено відмінностями у їхній виробничій структурі та ступені залежності від металургійної продукції. Найвищі значення індексу вбудованих викидів (EEI) характерні для сектору C25 (вироби з металу), що пояснюється його безпосередньою інтеграцією з металургійним виробництвом (C24) та високою часткою використання металопродукції у формуванні кінцевого продукту.

Підвищені значення EEI також спостерігаються у секторах C30 (інший транспорт) та C28 (машини та обладнання), що відображає їхню складну виробничу структуру та значну залежність від матеріалів та енергоємних галузей. Водночас сектор будівництва (F), попри суттєве використання металопродукції, демонструє помірний рівень індексу, що може бути пов'язано з більш диверсифікованою структурою доданої вартості. Найнижчі значення EEI зафіксовано у секторі C10T12 (харчова промисловість), що підтверджує його відносно слабку інтеграцію з металургійним сектором та обмежений вплив вуглецевих екстерналій, пов'язаних із виробництвом базових металів.

Важливо відзначити, що індекс EEI у даному дослідженні характеризує не загальний вуглецевий слід секторів-споживачів, а лише компонент вбудованих викидів, що формується у секторі виробництва базових металів (C24) України та через міжгалузеві зв'язки передається до інших галузей, «вбудовуючись» у їхню додану вартість і кінцевий попит в межах національної економіки.

Важливою особливістю використаного підходу є вимірювання вуглецевої інтенсивності у вартісному вираженні (кг CO<sub>2</sub>-екв./USD), а не у фізичних одиницях продукції. На відміну від традиційних показників, що відображають обсяг викидів на тону виробленої продукції, запропонований підхід дозволяє оцінити вуглецеве навантаження у контексті формування доданої вартості та міжгалузевих економічних зв'язків. Це є принципово важливим для аналізу глобальних ланцюгів створення вартості,

оскільки забезпечує порівнюваність секторів із різною технологічною структурою та рівнем переробки продукції. Відтак, індекс відображає не лише технологічну, а й економічну ефективність виробництва з точки зору декарбонізації, що дозволяє інтерпретувати отримані результати як характеристику «вуглецевої ефективності» створення доданої вартості.

**Висновки.** Проведене дослідження підтверджує, що металургія є одним із ключових джерел вуглецевих екстерналій у глобальних ланцюгах створення вартості через високу енергоємність, залежність від викопного палива та глибоку міжгалузеву інтеграцію. Викиди, що формуються на ранніх стадіях виробництва сталі, переміщуються до інших секторів економіки у вигляді «вбудованих» викидів, що зумовлює розподілений характер відповідальності між країнами-виробниками та споживачами. Водночас встановлено дуалістичну природу галузі: вона одночасно є значним чинником кліматичних змін і матеріальною основою низьковуглецевої трансформації економіки.

Запропонований індекс вбудованих викидів (EEI) дозволив кількісно оцінити міжгалузевий вплив металургії та виявити його нерівномірність: найбільш залежними є галузі, безпосередньо інтегровані з металургійним виробництвом, тоді як менш матеріаломісткі сектори демонструють нижчий рівень впливу. Виявлений розрив між приватними та суспільними витратами підтверджує наявність системної недооцінки екологічного навантаження та створює передумови для «вуглецевого витоку».

Подальші дослідження доцільно зосередити на вдосконаленні моделі оцінки вбудованих викидів (з урахуванням динаміки та регіональних особливостей), аналізі впливу кліматичної політики на трансформацію глобальних ланцюгів вартості, а також на оцінці ефективності технологій декарбонізації та оптимізації структури виробничих ланцюгів з метою зменшення вуглецевих екстерналій. Доцільно здійснити оцінювання взаємозв'язку між технологічною структурою виробництва, вуглецевою інтенсивністю, витратами на декарбонізацію та експортною конкурентоспроможністю металургійної галузі.

### Література

1. Yamano N., Guilhoto J. CO2 emissions embodied in international trade and domestic final demand: Methodology and results using the OECD Inter-Country Input-Output Database. Paris : OECD Publishing, 2020. URL: <https://doi.org/10.1787/8f2963b8-en> (дата звернення: 04.03.2026).
2. Peters G. P., Hertwich E. G. CO<sub>2</sub> Embodied in International Trade with Implications for Global Climate Policy. *Environmental Science & Technology*. 2008. Т. 42, № 5. С. 1401–1407. URL: <https://doi.org/10.1021/es072023k> (дата звернення: 04.03.2026).
3. Rumsa M., John M., Biswas W. Global steel decarbonisation roadmaps: Near-zero by 2050. *Environmental Impact Assessment Review*. 2025. Т. 112. С. 107807. URL: <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2025.107807> (дата звернення: 04.03.2026).
4. How would GVCs participation affect carbon intensity in the “Belt and Road Initiative” countries? / Q. Shi et al. *Energy Economics*. 2022. С. 106075. URL: <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2022.106075> (дата звернення: 04.03.2026).
5. Nikiforova V. Long-term factors and trends of the Ukrainian steel industry development. *Economy of Industry*. 2022. Vol. 1, no. 97. P. 32–60. URL: <https://doi.org/10.15407/econindustry2022.01.032> (дата звернення: 04.03.2026).
6. Navolnyev I., Maksymova N. Analysis of current trends in the development of the metallurgical industry in the context of minimizing the impact on the air. *Ecological Sciences*. 2024. Vol. 1, no. 1 (52). P. 134–138. URL: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2024.eco.1-52.1.20> (дата звернення: 04.03.2026).
7. Ключові інструменти озеленення міжнародної торгівлі / Я. Столярчук та ін. *Наукові інновації та передові технології*. 2023. № 6(20). URL: [https://doi.org/10.52058/2786-5274-2023-6\(20\)-345-353](https://doi.org/10.52058/2786-5274-2023-6(20)-345-353) (дата звернення: 04.03.2026).
8. Сталь України: відновлення та інновації / О. М. Смірнов та ін. Київ : НВП «Вид-во “Наук. думка” НАН України», 2023. 268 с.
9. World Steel in Figures 2024. worldsteel. URL: <https://worldsteel.org/data/world-steel-in-figures/world-steel-in-figures-2024/> (дата звернення: 05.03.2026).
10. Steel is the power behind renewable energy. ArcelorMittal. URL: <https://app-arcelormittal-cm-uat.azurewebsites.net/media/case-studies/steel-is-the-power-behind-renewable-energy> (дата звернення: 05.03.2026).
11. Sustainability Report 2024. ArcelorMittal. URL: <https://corporate.arcelormittal.com/media/3fwar2wu/2024-sustainability-report.pdf> (дата звернення: 05.03.2026).
12. Steel facts. WorldSteel. URL: <https://worldsteel.org/wp-content/uploads/steelFacts-2023-1.pdf> (дата звернення: 05.03.2026).
13. Greenhouse Gas Footprints (GHGFP): Emissions embodied in production by scope. OECD Data

Explorer. URL: <https://stats.oecd.org/wbos/fileview2.aspx?IDFile=f76594ba-12e5-485f-847b-707a40596f6a> (дата звернення: 10.03.2026).

14. Trade in Value Added (TiVA) 2025 edition: Principal Indicators, levels. OECD Data Explorer. URL: <https://stats.oecd.org/wbos/fileview2.aspx?IDFile=ab073c74-1e8f-477d-97f3-ea545671c067> (дата звернення: 10.03.2026).

15. Trade in Value Added (TiVA) 2025 edition: Origin of value added in final demand. OECD Data Explorer. URL: <https://stats.oecd.org/wbos/fileview2.aspx?IDFile=d9af84b5-4ea4-4f93-8c75-5b30f50116f1> (дата звернення: 10.03.2026).

### References

1. Yamano N., Guilhoto J. CO<sub>2</sub> emissions embodied in international trade and domestic final demand: Methodology and results using the OECD Inter-Country Input-Output Database. Paris : OECD Publishing, 2020. URL: <https://doi.org/10.1787/8f2963b8-en> (date of access: 04.03.2026).

2. Peters G. P., Hertwich E. G. CO<sub>2</sub> Embodied in International Trade with Implications for Global Climate Policy. *Environmental Science & Technology*. 2008. T. 42, № 5. C. 1401–1407. URL: <https://doi.org/10.1021/es072023k> (date of access: 04.03.2026).

3. Rumsa M., John M., Biswas W. Global steel decarbonisation roadmaps: Near-zero by 2050. *Environmental Impact Assessment Review*. 2025. T. 112. C. 107807. URL: <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2025.107807> (date of access: 04.03.2026).

4. How would GVCs participation affect carbon intensity in the “Belt and Road Initiative” countries? / Q. Shi et al. *Energy Economics*. 2022. C. 106075. URL: <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2022.106075> (date of access: 04.03.2026).

5. Nikiforova V. Long-term factors and trends of the Ukrainian steel industry development. *Economy of Industry*. 2022. Vol. 1, no. 97. P. 32–60. URL: <https://doi.org/10.15407/econindustry2022.01.032> (date of access: 04.03.2026).

6. Navolnyev I., Maksymova N. Analysis of current trends in the development of the metallurgical industry in the context of minimizing the impact on the air. *Ecological Sciences*. 2024. Vol. 1, no. 1 (52). P. 134–138. URL: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2024.eco.1-52.1.20> (date of access: 04.03.2026).

7. Kliuchovi instrumenty ozelenennia mizhnarodnoi torhivli / Y. Stoliarchuk et al. *Naukovi innovatsii ta peredovi tekhnologii*. 2023. № 6(20). URL: [https://doi.org/10.52058/2786-5274-2023-6\(20\)-345-353](https://doi.org/10.52058/2786-5274-2023-6(20)-345-353) (date of access: 04.03.2026).

8. Stal Ukrainy: vidnovlennia ta innovatsii / O. M. Smirnov et al. Kyiv : NVP «Vyd-vo “Nauk. dumka” NAN Ukrainy», 2023. 268 pp.

9. World Steel in Figures 2024. worldsteel. URL: <https://worldsteel.org/data/world-steel-in-figures/world-steel-in-figures-2024/> (date of access: 05.03.2026).

10. Steel is the power behind renewable energy. ArcelorMittal. URL: <https://app-arcelormittal-cm-ua.azurewebsites.net/media/case-studies/steel-is-the-power-behind-renewable-energy> (date of access: 05.03.2026).

11. Sustainability Report 2024. ArcelorMittal. URL: <https://corporate.arcelormittal.com/media/3fwar2wu/2024-sustainability-report.pdf> (date of access: 05.03.2026).

12. Steel facts. WorldSteel. URL: <https://worldsteel.org/wp-content/uploads/steelFacts-2023-1.pdf> (date of access: 05.03.2026).

13. Greenhouse Gas Footprints (GHGFP): Emissions embodied in production by scope. OECD Data Explorer. URL: <https://stats.oecd.org/wbos/fileview2.aspx?IDFile=f76594ba-12e5-485f-847b-707a40596f6a> (date of access: 10.03.2026).

14. Trade in Value Added (TiVA) 2025 edition: Principal Indicators, levels. OECD Data Explorer. URL: <https://stats.oecd.org/wbos/fileview2.aspx?IDFile=ab073c74-1e8f-477d-97f3-ea545671c067> (date of access: 10.03.2026).

15. Trade in Value Added (TiVA) 2025 edition: Origin of value added in final demand. OECD Data Explorer. URL: <https://stats.oecd.org/wbos/fileview2.aspx?IDFile=d9af84b5-4ea4-4f93-8c75-5b30f50116f1> (date of access: 10.03.2026).

Отримано: 12.03.2026

Прийнято до публікації: 14.04.2026

Опубліковано: 15.04.2026