

УДК 330:34

DOI: <https://doi.org/10.32782/2520-2200/2023-4-8>**Шапуров О.О.**

доктор економічних наук, професор,  
професор кафедри інформаційної економіки, підприємництва та фінансів  
Інженерного навчально-наукового інституту імені Ю.М. Потебні  
Запорізького національного університету

**Shapurov Olexandr**

Engineering Educational and Scientific Institute named by Yuriy Potebni  
Zaporizhia National University

## ФОРМУВАННЯ МІЖНАРОДНОЇ СТРАТЕГІЇ РОЗВИТКУ РИНКУ СТАЛІ

### FORMATION OF INTERNATIONAL STRATEGY DEVELOPMENT OF THE STEEL MARKET

У статті розглянуто структура стратегічних споживачів металургійної галузі. Визначені інтегровані типи виробництва сталі: заснований на доменній печі (BF) і печі з базисним киснем (BOF) та технологічний тип виробництва сталі електродугової печі (EAF). Обґрунтовано норми витрат забезпечуючої матеріально-енергетичної сфери металургійного сектору та результати металургійного виробництва в середньостатистичному кількісному виразі. Проаналізовано тренд світового виробництва сталі та визначено аналітичні показники динаміки. Для забезпечення подальшого аналітичного прогнозу ринків промислових продуктів зроблено вибір апроксимуючої кривої методом формування тренду. Визначено прогнозні обсяги ринків забезпечення металургійної галузі, а також ринку екологізації та супутніх продуктів на період 2022–2027рр. Обґрунтовано прогнозні показники зростання ринків промислових продуктів металургійного сектору. Сформовано міжнародну стратегію розвитку ринку сталі, визначені її принципи та напрями.

**Ключові слова:** стратегічні споживачі, виробництво сталі, супутні продукти, декарбонізація, екологізації, ринки забезпечення

The article examines the structure of strategic consumers of the metallurgical industry. The most important industries in the structure of consumption of the metallurgical sector are: industrial and civil construction, machine building (mechanical equipment and automobile industry). The integrated types of steel production are identified: based on blast furnace (BF) and basic oxygen furnace (BOF) and electric arc furnace (EAF) steel production technology type. The structural components of the operating cycle of the main types of steel production (iron ore, coal, limestone, scrap, energy), as well as the components of commercial products (main industrial products and related products): steel, sludge, dust, blast furnace gas, converter gas, recovered steam are defined, energy. The cost norms of the material and energy supply sector of the metallurgical sector and the results of metallurgical production in average quantitative terms are substantiated. The trend of global steel production was analyzed and analytical indicators of dynamics were determined (average absolute growth, growth rate, growth rate). In order to ensure further analytical forecasting of industrial product markets, the selection of an approximating curve was made using the method of trend formation. Based on the obtained logarithmic curve, a smoothed estimate of the trend was made and a forecast of world steel production for the period 2023–2027 is formed. The forecast volumes of the metallurgical industry supply markets (iron ore market (iron ore and agglomerate); limestone market, scrap market, energy market), as well as the greening market (recovered steam, converter gas, blast furnace gas) and related products (slag, dust) are determined for the period 2022–2027 The forecast indicators of the growth of markets for industrial products of the metallurgical sector are substantiated. The main principles of the international strategy for the development of the steel market are determined: efficiency and sustainability of development, designing the product life cycle, stimulating the reuse of industrial products; maximum use of scrap, acceleration of decarbonization processes and transition to green steel production, effective and efficient processing of by-products. Proposed areas of the international steel development strategy: ensuring sustainable growth; promoting the development of security markets; development of effective use of related products

**Key words:** strategic consumers, steel production, related products, decarbonization, greening, supply markets

**Постановка проблеми.** Світові тенденції глобалізації та цифровізації формують новий вектор господарювання сучасної економіки змінюючи для металургійних підприємств напрям максимізації прибутку на досягнення оптимальних показників сталого розвитку. Зростаюче споживання сталі та чавуну формує цілий ряд чинників, що дуже хвилює світову спільноту: формування значного об'єму спожитого заліза (лому), стрімке збільшення кількості шкідливих газів (доменний газ, конверторний газ, відновлювана пара), проблеми утилізації відходів. Саме тому формування міжнародної стратегії розвитку ринку сталі з урахуванням тенденцій ринків екологізації та матеріально-енергетичного забезпечення є актуальним питанням сьогодення.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Використовуючи програмний інструмент для побудови та візуалізації бібліометричних мереж VOSviewer [1], досліджуючи напрям формування міжнародної стратегії розвитку ринку сталі у WoS отримали сформований кластер з наступних зарубіжних вчених С. Bataille, В. McCall, Н. Trollip.

С. Bataille та В. McCall вивчаючи ринок сталі Індії, Бразилії та Южної Африки приділяють найбільшу увагу функціональній стратегії нульових викидів. На думку авторів міжнародні, громадські організації, місцеве самоврядування, транснаціональні компанії повинні направляти свої зусилля на формування ринкових механізмів екологізації та сталого розвитку металургійного сектору, формуючи адаптивні довгострокові галузеві стратегії [2].

Група авторів на чолі з Н. Trollip, В. McCall продовжують напрям міжнародного сталого розвитку та визначають важливість декарбонізації виробництва сталі, що значно підвищить конкурентоспроможність виробника та забез-

печить реконструювання ланцюжка вартості. В дослідженні обґрунтовується, що імпорт екологічно чистого первинного заліза може сформувати вектор розвитку зеленої електроенергетики в ЄС, знизивши ціни на електроенергію та підвищивши енергетичну безпеку. Даний процес передбачає співробітництво між ЄС та ПАР шляхом формування міжрегіональної стратегії декарбонізації [3].

Досліджуючи напрям формування міжнародної стратегії розвитку ринку сталі у Scopus (Science Direct) доведено, що найбільш розповсюджені праці наступних зарубіжних вчених: А. Arastoa, В. Beck, R. Anantharaman, D. Boavida.

Для формування міжнародної стратегії розвитку ринку сталі авторами запропоновано формування інфраструктури CCS (carbon capture and storage). Сценарії розвитку CCS позитивно можуть бути реалізовані як на регіональному світовому ринку для інтегрованої енергетичної системи Піренейського півострова та Марокко (проект забезпечить скорочення викидів для Іспанії на 103 млн.т. та Португалії на 14 млн.т до 2050р.) [4], так і на мікрорівні використовуючи процес уловлювання CO<sup>2</sup> для зниження собівартості продукції по розрахункам на 8% і більше [5].

Враховуючи вагому необхідність зниження викидів парникових газів відповідно до Парижської угоди [6], дуже важливо розуміти загальний обсяг інвестицій в дану сферу бізнесу та можливі бізнес стратегії їх реалізації. Даний фундаментальний аспект розкриває R. Anantharaman та пропонує стратегічні можливості використання водороду та CCS в промисловості Нідерландів, Німеччини, Швейцарії, Великобританії та Норвегії [7].

Звісно процес декарбонізації, розвиток виробництва зеленої сталі та формування нульової толерантності є важливими фунда-

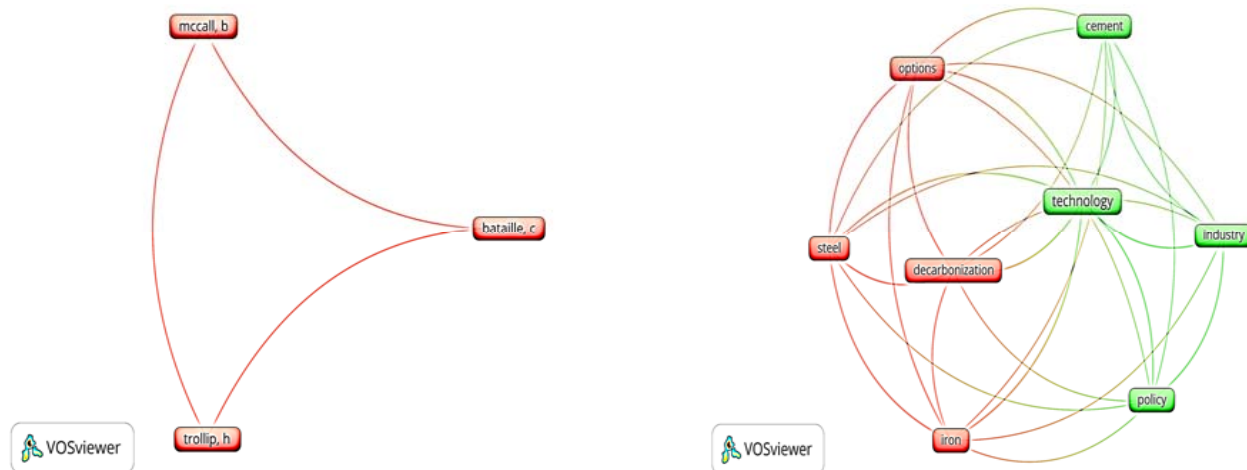


Рис. 1. Аналіз досліджень та публікацій у бібліометричній мережі WoS

Джерело: [1]

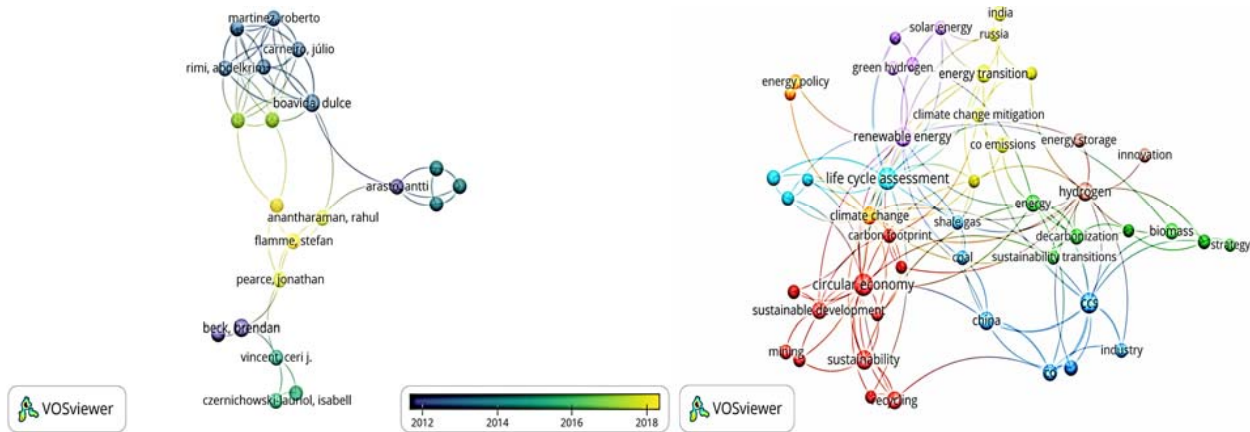


Рис. 2. Аналіз досліджень та публікацій у бібліометричній мережі Scopus (Science Direct)

Джерело: [1]

ментальними аспектами, але це тільки одна з декількох підсистем загальної міжнародної стратегії розвитку ринку сталі. Тому формування міжнародної стратегії розвитку ринку сталі повинно базуватись на структурно-системному підході, враховуючи тенденції ринків екологізації та матеріально-енергетичного забезпечення [8].

**Метою статті** є формування міжнародної стратегії розвитку ринку сталі. Для забезпечення реалізації головної мети дослідження були вирішені наступні завдання: визначено споживчу структуру ринку металургійної продукції; сформовано норми витрат та результати виходу інтегрованих типів виробництва сталі; аналітично обґрунтовано динаміку світового виробництва сталі; зроблено довгостроковий прогноз світового виробництва сталі відповідно до обраної логарифмічної функції; визначено стан ринків забезпечення металургійної продукції, розраховано об'єм ринку декарбонізації та супутніх продуктів; обґрунтовано принципи та напрями міжнародної стратегії розвитку ринку сталі.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Сталь є невід'ємною частиною нашого сучасного способу життя та має вирішальне значення для економічного зростання. Продукція металургійної галузі використовується майже в усіх секторах національних економік. Найбільша питома вага в структурі споживання промислового та цивільного будівництва (52%), на другому місці виробники механічного обладнання (16 %), третє місце посідає автомобільна промисловість з 12% [9]. Виходячи з питомої ваги кожної галузі можна визначити споживчу структуру, наведену на рис. 3.

Доведено, що у світі існують два інтегрованих типу виробництва сталі: заснований на доменній печі (BF) і печі з базисним киснем

(BOF) та технологічний тип виробництва сталі електродугової печі (EAF). Виходячи з обґрунтування технологічних процесів інтегрованих типів виробництва сталі сформовано норми витрат та результати виходу зазначених типів [10], які представлено в таблиці 1.

У 2021 році в конвертерах було вироблено близько 1,4 млрд т. сталі, що базувались на близько 1,3 млрд т. доменних ресурсів і близько 240 млн.т. брухту. Світове виробництво EAF становило близько 30% світового виробництва сталі (560 млн.т.), що вимагало 60 млн.т. доменного виробництва, 120 млн.т. DRI (залізо прямого відновлення) та 450 млн.т брухту. Виплавка сталі наближається до нульових відходів, з поточними показниками ефективності матеріалів на рівні 97,5%. Це означає, що понад 97% сировини, що використовується на місці, перетворюється на продукти та супутні продукти, які використовуються або переробляються [9].

Супутні продукти при виробництві 1000 кг сталі EAF: шлак (85 кг); пил (10 кг); рекуперована пара (41,3 кг), конвертерний газ (105 м<sup>3</sup>), відновлювана пара (41,3 кг).; 1000 кг сталі BF/BOF: шлак (298 кг); пил (925 кг); доменний газ (1392 м<sup>3</sup>), енергія (36,44 Квт) [11].

Для визначення тенденцій ринків екологізації (декарбонізації) та матеріально-енергетичного забезпечення розглянемо динаміку виробництва сталі за період 2003–2022 р. Динаміка виробництва наведена в таблиці 2.

Світове виробництво сталі в середньому кожен рік збільшується на 48,1 тис.т. Середній показник темпу зростання за 20 останніх років складає 103,5%, темпу приросту 3,5%. Тобто склався аналітично обґрунтований динамічний процес світового виробництва сталі, зростання якого цілком можливе і в подальшому в довгостроковому періоді.



Рис. 3. Стратегічні споживачі металургійної галузі

Джерело: [8]

Таблиця 1

## Середні норми витрат матеріально-енергетичного забезпечення та супутньої продукції

Промислові продукти	Інтегрований тип виробництва сталі	
	BF/ BOF	EAF
Матеріальне технічне забезпечення		
Залізна руда кг	1370	586
Вугілля кг	780	150
Вапняк кг	270	150
Лом кг	125	710
Енергія, ГДж	-	2,3
Сталь та супутні продукти		
Сталь, кг	1000	1000
Шлак, кг	298	85
Пил, кг	25	10
Доменний газ, м <sup>3</sup>	1392	-
Конверторний газ, м <sup>3</sup>	105	-
Рекуперована пара, кг	41,3	-
Енергія, кВт	36,44	-

Джерело: складено автором за [9–11]

Таблиця 2

## Динаміка світового виробництва сталі 2003–2022 рр.

Рік	Світове виробництво сталі, тис. т.	Рік	Світове виробництво сталі, тис. т.
2003	971	2013	1635
2004	1063	2014	1675
2005	1148	2015	1624
2006	1250	2016	1633
2007	1350	2017	1737
2008	1345	2018	1828
2009	1241	2019	1877
2010	1435	2020	1882
2011	1540	2021	1962
2012	1563	2022	1885

Аналітичні показники динаміки	
Середній абсолютний приріст, тис. т	48,1
Темп зростання, %	103,5
Темп приросту, %	3,5

Джерело: складено автором за [12]

Відповідно до існуючого тренду світового виробництва сталі та з метою визначення прогнозу на довгостроковий період оберемо апроксимуючу криву методом формування тренду [13]. (рис. 4).

Ґрунтуючись на отриманій логарифмічній функції визначимо довгостроковий прогноз світового виробництва сталі та розрахуємо згладжені кориговані дані. Згладжений динамічний ряд та розрахований прогноз на період 2023–2027 рр. наведено в таблиці 3.

Базуючись на прогнозному світовому виробництві сталі та середній нормі витрат ресурсів (середніх норм отримання готового продукту (сталі) та сукупних продуктів) визначимо прогнозні обсяги ринків забезпечення металургій-

ної галузі, а також перспективи розвитку ринку екологізації (декарбонізації) та супутніх продуктів на період 2022–2027 рр.

За наступні п'ять років загальне споживання залізної руди складе більш ніж 17 млрд.т., кожен рік ринок в середньому буде зростати на 848 млн.т. Сегмент ринку вугілля за період 2023–2027 рр. може скласти 9,7 млрд.т., середньорічний рівень можливого зростання складає 505 млн.т. Світовий ринок лому відповідно до прогнозу повинен збільшитись з 990,45 млн.т. до 2,8 млрд.т. Світове споживання енергії металургійним сектором за прогнозами зросте з 1278641,58 кДж до 132703 кДж, що може призвести до світової енергетичної кризи, або браку енергетичних потужностей.



Рис. 4. Світове виробництво сталі: динаміка та формування тренду

Джерело: [12]

Таблиця 3

Прогноз виробництва сталі на період 2023–2027 рр.

Рік	Світове виробництво сталі, тис. т.	Згладжений тренд, тис. т.	Рік	Світове виробництво сталі, тис. т.	Згладжений тренд, тис. т.	Рік	Прогноз світового виробництва сталі
2003	971	800,15	2013	1635	1629,414	2023	1853,037
2004	1063	1039,861	2014	1675	1659,505	2024	1869,125
2005	1148	1180,083	2015	1624	1687,186	2025	1884,498
2006	1250	1279,572	2016	1633	1712,815	2026	1899,216
2007	1350	1356,742	2017	1737	1736,675	2027	1913,334
2008	1345	1419,794	2018	1828	1758,994		
2009	1241	1473,104	2019	1877	1779,96		
2010	1435	1519,283	2020	1882	1799,727		
2011	1540	1560,016	2021	1962	1818,425		
2012	1563	1596,453	2022	1885	1836,164		

Джерело: розраховано автором на основі [13]



Таким чином відповідно до визначеного довгострокового прогнозу необхідна розробка чіткого вектору ресурсозбереження та безвідходного виробництва. Реалізація передбачених заходів можлива, ґрунтуючись на проектування промислових продуктів подовженого життєвого циклу, максимальне їх відновлення та пролонгація їх терміну експлуатації, стимулюванні повторного використання сталі, що забезпечить оптимізацію використаних ресурсів.

Отриманий прогнозний об'єм ринку декарбонізації та супутніх послуг дає можливість констатувати погіршення екологічного стану та формування значних наслідків для здоров'я суспільства та і в цілому природно-кліматичних умов функціонування. Загальний об'єм викидів доменного та конвертерного газу може збільшитись більш ніж в 3 рази, сегмент ринку шлаку зросте на 1,7 млрд. т., пилу на 206,19 т. Прогнозна динаміка ринку декарбонізації та супутніх продуктів наведена в таблиці 5.

Таблиця 4

## Прогнозна динаміка ринків забезпечення металургійної галузі

Ринки промислових продуктів	2023	2024	2025	2026	2027
Ринок залізної руди (агломерат + залізна руда), млн. т.	2102,83	2507,75	3170,41	4136,45	5495,05
ЕАФ	325,76	182,67	103,27	58,84	33,77
BF/BOF	1777,06	2325,09	3067,13	4077,61	5461,27
Ринок вугілля, млн. т.	1095,14	1370,53	1772,69	2336,62	3117,98
ЕАФ	83,39	46,76	26,43	15,06	8,65
BF/BOF	1011,76	1323,77	1746,25	2321,56	3109,34
Ринок лому, млн. т.	990,45	1243,94	1611,57	2125,76	2837,50
ЕАФ	69,49	38,97	22,03	12,55	7,20
BF/BOF	920,96	1204,97	1589,54	2113,21	2830,30
Енергетичний ринок, млн. кДж	1278641	717016	405410	231048	132703
ЕАФ, кДж	1278595	716956	405330	230943	132561
BF/BOF, кДж	46,05	60,25	79,48	105,66	141,51
Вапняк, млн. т.	211,06	239,57	295,36	380,88	503,36
ЕАФ	48,92	27,43	15,51	8,84	5,07
BF/BOF	162,14	212,14	279,85	372,04	498,29

Джерело: розраховано автором на основі таблиць 1 та 3

Таблиця 5

## Прогнозна динаміка ринку екологізації (декарбонізації) та супутніх продуктів

Ринки промислових продуктів	2023	2024	2025	2026	2027
<b>Ринок супутніх продуктів</b>					
Шлак, млн. т	323,17	387,30	607,32	1083,61	2033,23
ЕАФ	157,51	294,40	554,80	1053,69	2016,05
BF/BOF	165,66	92,89	52,52	29,92	17,18
Пил, млн. т	32,43	42,43	69,68	126,47	238,62
ЕАФ	18,53	34,64	65,27	123,96	237,18
BF/BOF	13,90	7,79	4,41	2,51	1,44
<b>Ринок екологізації</b>					
Рекуперована пара, млн. т	22,96	12,87	7,28	4,15	2,38
ЕАФ	22,96	12,87	7,28	4,15	2,38
Конверторний газ, млн. м <sup>3</sup>	136,20	178,20	235,07	312,52	418,56
BF/BOF	136,20	178,20	235,07	312,52	418,56
Доменний газ, млн. м <sup>3</sup>	1805,60	2362,42	3116,39	4143,09	5548,97
BF/BOF	1805,60	2362,42	3116,39	4143,09	5548,97

Джерело: розраховано автором на основі таблиць 1 та 3

Покращення ситуації можливе лише за рахунок прискорення процесів декарбонізації та сприяння переходу на виробництво зеленої сталі; максимального використання супутніх продуктів у власному виробництві, або забезпечення ними галузей доданої вартості (будівництво, автомобілебудування) [14].

Таким чином, виходячи з вищезгаданих прогнозних даних можна визначити принципи та напрями міжнародної стратегії розвитку металургійного ринку.

Запропоновані принципи міжнародної стратегії розвитку ринку сталі: підвищення ефективності використання ресурсів та сприяння сталому розвитку; проектування промислових продуктів з урахуванням можливості подовження їх функціонального терміну служби; часткове відновлення та реставрація промислових продуктів; стимулювання повторного використання сталі, прискорення процесів декарбонізації та сприяння переходу на виробництво зеленої сталі, виплавка сталевого брухту з виробів після закінчення терміну їх експлуатації; максимальне використання супутніх продуктів у власному виробництві, або забезпечення ними галузей доданої вартості (будівництво, автомобілебудування, тощо).

Основні обґрунтовані напрями міжнародної стратегії розвитку ринку сталі, які можна визначити: сприяння розвитку видобутку та фор-

мування промислових продуктів ринку забезпечення металургійної галузі (вугілля, залізна руда, ринок лому); визначення пріоритетності у забезпеченні енергією; забезпечення сталого зростання виробництва сталі за різними типами виробництва (EAF.BF / BOF); розвиток супутніх продуктів металургійної галузі та забезпечення їх безвідходного використання.

**Висновки з проведеного дослідження.** Трансформація кінцевих результатів суб'єктів господарювання металургійного сектора починаючи з максимізації прибутку до сталого розвитку вимагає формування нових векторів міжнародного розвитку ринку сталі. Виходячи з того, що сталеплавильна промисловість є базовим сектором для машинобудування, автомобілебудування, промислового та цивільного будівництва необхідно всебічно сприяти формування сприятливих чинників для всіх інтегрованих типів виробництва сталі (BF/ BOF та EAF). Зважаючи на динамічне зростання світового виробництва сталі у довгостроковому періоді можна з переконанням стверджувати про збільшення об'ємів ресурсних ринків: загальне споживання залізної руди складе більш ніж 17 млрд. т., середньорічний рівень можливого зростання ринку вугілля 505 млн.т, світовий ринок лому відповідно до прогнозу повинен збільшитись з 990,45 млн.т. до 2,8 млрд. т. Слід акцентувати увагу на зрос-



**Рис. 5. Основні принципи та напрями міжнародної стратегії розвитку ринку сталі**

Джерело: [9–10]

танні кількості викидів газів (доменного, конверторного, пари), майже втричі, що є базою для розширення ринку декарбонізації та збільшення виробництва зеленої сталі. Можна з упевненістю стверджувати про появу нового споживчого ринку продуктів, який буде з кожним роком тільки збільшуватись та за 5 подаль-

ших роки зросте до показника 2033,23 млн. т. по шлаку, та 238,62 млн.т за пилом. Виходячи з прогнозних даних були сформовані базові принципи та напрями стратегії розвитку міжнародного ринку сталі, що дають можливість здійснювати векторний процес сталого розвитку в майбутньому.

#### Список використаних джерел:

1. Van Eck N.J., Waltman L. Visualizing bibliometric networks. In Y. Ding, R. Rousseau, & D. Wolfram (Eds.), *Measuring scholarly impact: Methods and practice* Springer. 2014. P. 285–320. DOI: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-10377-8\\_13](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-10377-8_13)
2. Bataille C., Stiebert S., Hebeda O. and ect. Towards net-zero emissions concrete and steel in India, Brazil and South Africa. *Climate Policy*. 2022. Vol. 17. P. 1–17. DOI: <https://doi.org/10.1080/14693062.2023.2187750>
3. Trollip H., McCall B., Bataille C. How green primary iron production in South Africa could help global decarbonization. *Climate Policy*. 2022. Vol. 22, № 2. P. 236–247. DOI: <https://doi.org/10.1080/14693062.2021.2024123>
4. Kanudia A., Berghout N., Boavida D., M.van den Broek. CCS Infrastructure Development Scenarios for the Integrated Iberian Peninsula and Morocco Energy System. *Energy Procedia*. 2013. Vol. 37. P. 2645–2656. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2013.06.149>
5. Arastoa A., Tsuparia E., Kärkia J., Sihvononb M., Liljab J. Costs and Potential of Carbon Capture and Storage at an Integrated Steel Mill. *Energy Procedia*. 2013. Vol. 377. P. 117–124. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2013.06.648>
6. The Paris Agreement | UNFCCC. URL: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement> (дата звернення: 01.11.2023).
7. Reigstad G.A., Roussanaly S., Straus J., Anantharaman R. Moving toward the low-carbon hydrogen economy: Experiences and key learnings from national case studies. *Advances in Applied Energy*. 2022. Vol. 8. P. 100108. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.adapen.2022.100108>
8. Шапуров О.О. Складові механізми забезпечення інноваційного сталого розвитку промислових підприємств. *Причорноморські економічні студії*. 2020. Вип. 54. С. 261–272.
9. World Steel Association. Steel and raw materials. March 2023. URL: <https://worldsteel.org/wp-content/uploads/Fact-sheet-raw-materials-2023.pdf> (дата звернення: 01.11.2023).
10. World Steel Association. Steel – the permanent material in the circular economy. URL: <https://worldsteel.org/wp-content/uploads/worldsteel-circular-economy.pdf> (дата звернення: 01.11.2023).
11. Huachun He, Hongjun Guanb, Xiang Zhuc, Haiyu Lee. Assessment on the energy flow and carbon emissions of integrated steelmaking plants. *Energy Reports*. 2017. Vol. 3. P. 29–36. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.egypr.2017.01.001>
12. World Steel. World Steel in Figures 2023. URL: [https://worldsteel.org/publications/bookshop/?filter\\_publication-subject=steel-data-and-statistics](https://worldsteel.org/publications/bookshop/?filter_publication-subject=steel-data-and-statistics) (дата звернення: 01.11.2023).
13. Barrow D., Kourentzes N., Sandberg R., Niklewski J. Automatic robust estimation for exponential smoothing: Perspectives from statistics and machine learning. *Expert Systems with Applications*. 2020. Vol. 160. P. 113637. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.113637>
14. Шапуров О.О. Стан інновацій та ефективні механізми розвитку металургійних підприємств. *Вісник Одеського національного університету. Серія: «Економіка»*. 2018. Т. 23. Вип. 5 (70). С. 108–113.

#### References:

1. Van Eck N.J., & Waltman, L. (2014) Visualizing bibliometric networks. In Y. Ding, R. Rousseau, & D. Wolfram (Eds.), *Measuring scholarly impact: Methods and practice*. Springer, pp. 285–320. Available at: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-10377-8\\_13](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-10377-8_13)
2. Bataille C., Stiebert S., Hebeda O. (2022) Towards net-zero emissions concrete and steel in India, Brazil and South Africa. *Climate Policy*, vol.17, pp. 1–17. DOI: <https://doi.org/10.1080/14693062.2023.2187750>
3. Trollip H, McCall B., Bataille C. (2022) How green primary iron production in South Africa could help global decarbonization. *Climate Policy*, vol. 22, no. 2, pp. 236–247. DOI: <https://doi.org/10.1080/14693062.2021.2024123>
4. Kanudia A., Berghout N., Boavida D., M.van den Broek. (2013) CCS Infrastructure Development Scenarios for the Integrated Iberian Peninsula and Morocco Energy System. *Energy Procedia*, vol. 37, pp. 2645–2656. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2013.06.149>



5. Arastoa A., Tsuparia E., Kärkia J., Sihvonenb M., Liljab J. (2013) Costs and Potential of Carbon Capture and Storage at an Integrated Steel Mill. *Energy Procedia*, vol. 377. pp. 117–7124. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2013.06.648>
6. The Paris Agreement | UNFCCC'. Available at: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement> (accessed Nov. 01, 2023).
7. Reigstad G.A., Roussanaly S., Straus J., Anantharaman R. (2022) Moving toward the low-carbon hydrogen economy: Experiences and key learnings from national case studies. *Advances in Applied Energy*, vol. 8, pp. 100108. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.adapen.2022.100108>
8. Shapurov O.O. (2020) Skladovi mekhanizmu zabezpechennia innovatsiinoho staloho rozvytku promyslovykh pidpriemstv [Components of the mechanism of ensuring of innovative sustainable development of industrial enterprises]. *Black Sea Economic Studies*, vol. 54. pp. 261–272.
9. World Steel Association. Steel and raw materials. March 2023. Available at: <https://worldsteel.org/wp-content/uploads/Fact-sheet-raw-materials-2023.pdf> (accessed November 01, 2023).
10. World Steel Association. Steel - the permanent material in the circular economy. Available at: <https://worldsteel.org/wp-content/uploads/worldsteel-circular-economy.pdf> (accessed 01 November 2023).
11. Huachun He, Hongjun Guanb, Xiang Zhuc, Haiyu Lee (2017). Assessment on the energy flow and carbon emissions of integrated steelmaking plants. *Energy Reports*, vol. 3, pp. 29–36. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.egy.2017.01.001>.
12. World Steel. World Steel in Figures 2023. Available at: [https://worldsteel.org/publications/bookshop/?filter\\_publication-subject=steel-data-and-statistics](https://worldsteel.org/publications/bookshop/?filter_publication-subject=steel-data-and-statistics) (accessed 01 November 2023).
13. Barrow D., Kourentzes N., Sandberg R., Niklewski J. (2020). Automatic robust estimation for exponential smoothing: Perspectives from statistics and machine learning. *Expert Systems with Applications*, vol. 160, pp. 113637. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.113637>
14. Shapurov O.O. (2018) Stan innovatsii ta efektyvni mekhanizmy rozvytku metalurhiinykh pidpriemstv [State of innovation and effective mechanisms of development of metallurgical enterprises]. *Visnyk Odeskoho natsionalnoho universytetu. Seriya: «Ekonomika»*, vol. 5, pp. 108–113 (in Ukrainian)