

**Yevhen Kotliarov, Candidate of Economic Sciences,
Associate Professor,
Head of Sector of Energy Security and Energy Efficiency
of Department of Industrial Policy and Energy Security
Research Center for Industrial Problems of Development
of the National Academy of Sciences of Ukraine
Kharkiv, Ukraine**

**Igor Shulga, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Head at the Department of Coke
Ukrainian State Research Institute for Carbochemistry
Kharkiv, Ukraine**

DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-650-8-9>

WAY OF LOW-CARBON DEVELOPMENT FOR UKRAINE'S STEEL INDUSTRY¹

НАПРЯМ РОЗВИТКУ НИЗЬКОВУГЛЕЦЕВОЇ СТАЛЕЛИВАРНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ УКРАЇНИ

Українська сталеливарна промисловість переживає не найкращі часи. Внаслідок російської агресії, яка триває з 2014 р., зруйнована або окупована значна частина виробничих потужностей металургійних підприємств, а також підприємств вугільної, коксохімічної, вогнетривкої промисловості, без продукції яких неможливе виробництво чавуну і сталі. Внаслідок цього виробництво сталі знизилося з 32,7 млн т в 2013 р. [1] до 7,6 млн т в 2024 р. [2]. Частка металургії у ВВП країни знизилася з 20% у 2012 р. [3] до 5,7% в 2023 р. і 7,2% в 2024 р. [2]. Відповідно скоротився і експортний потенціал металургійної промисловості: якщо в 2013 р. Україна входила до Топ-10 країн-виробників сталі, то станом на 2024 р. вона опинилася лише на 20 місці [4].

Єдиною підгалуззю гірничо-металургійного комплексу, що не зазнала руйнувань внаслідок російської агресії, є гірничо-добувна промисловість, підприємства якої розташовані в Дніпропетровській і Полтавській областях. Згідно з даними [1; 2; 5] в довоєнні роки

¹ Тези доповіді підготовлені за рахунок бюджетних коштів, спрямованих на забезпечення проведення державними науковими установами наукових досліджень і науково-технічних (експериментальних) розробок за результатами державної атестації.

49-59 % всієї видобутої та збагаченої руди в Україні спрямовувалося на експорт; у воєнні часи цей показник зріс до 63-75 %.

Обсяги виробництва в 2024 р. готового прокату = (7,6 млн т [2]) достатній для задоволення внутрішнього попиту, який за січень-вересень 2025 р. складав 4,4 млн т, у тому числі за рахунок власного виробництва – 3,16 млн т, за рахунок імпорту – 1,24 млн т [6]. За нашими оцінками за умови організації масового імпорту коксівного вугілля та/або коксу і при наявності ринків збуту діючі на підконтрольній території України металургійні підприємства здатні наростити обсяги виробництва до 16-17 млн т сталі на рік.

Традиційно, металургійна промисловість буда експортно орієнтованою. Зокрема, в 2024 р. на ринки ЄС в 2024 р. припадало 64 % всього експорту. Подальше зростання експорту в європейські країни ускладнюється внаслідок впровадження ЄС механізму прикордонного регулювання викидів вуглецю (так званий СВАМ – Carbon Border Adjustment Mechanism), який за оцінками може призвести до втрати українськими металургами до 5 млрд доларів США протягом наступних 5 років [7].

Отже, в повоєнні роки розвиток української металургії може розглядатися в рамках двох сценаріїв:

- розвиток на підставі діючих технологій (доменний процес отримання чавуну з використанням коксу – технологія непрямого відновлення заліза) з пошуком альтернативних ЄС ринків збуту;
- перехід до низьковуглецевих технологій, які передбачають відмову від доменного процесу (технологія прямого відновлення заліза).

Перший сценарій можна охарактеризувати як «інвестиції в минуле»: будівництво нових шахт з видобутку коксівного вугілля у Львівсько-Волинському басейні, відновлення видобутку коксівного вугілля на деокупованих територіях, підтримка в робочому стані агрегатів доменного та коксохімічного виробництва, закупівля вугілля та коксу в інших країнах.

«Інвестиціями в майбутнє» є альтернативний сценарій (заміна вуглецю іншими відновником), який узгоджується з вимогами кліматичної політики людства щодо декарбонізації економіки і, зокрема – з вимогами законодавства ЄС.

Екологічні переваги технології прямого відновлення пояснюються наступним. В традиційній технології з використанням коксу при отриманні 1 т кінцевої продукції – сталі утворюється біля 2 т парникового газу (діоксиду вуглецю). Технологія прямого

відновлення заліза передбачає заміну коксу газоподібним відновником – воднем, або синтез газом (суміш водню і монооксиду вуглецю), що забезпечує зменшення викидів парникового газу. Ключовою проблемою в такому процесі є забезпечення виробництва необхідними ресурсами водню. Найбільш поширеними технологіями отримання водню, які мають промислове значення, є: електроліз води – розклад води на кисень і водень під впливом постійного електричного струму; парова конверсія метану природного газу з отриманням синтез-газу, який містить в своєму складі 75–80% водню і 20–25% монооксиду вуглецю; газифікація кам'яного або бурого вугілля з отриманням синтез-газу, який містить 30–40% водню, 40–50% монооксиду вуглецю і решта – діоксид вуглецю.

Дефіцитність природного газу та електроенергії робить неможливим застосування перших двох напрямів в Україні. Газифікація вугілля з подальшим використанням отриманого синтез-газу в процесі прямого відновлення заліза є для умов України більш перспективним напрямом розвитку вітчизняної металургії. В країні наявні виробничі потужності з видобутку саме малометаморфованого кам'яного вугілля (марки ДГ і Г), яке найбільш підходить для процесу газифікації.

Недоліком цієї технології є наявність викидів парникового газу – діоксиду вуглецю, який утворюється в процесах газифікації вугілля і використання синтез-газу. Ці викиди в розрахунку на 1 т заліза на 30–40% менші, ніж у доменному виробництві, але все ж підпадають під дію механізму прикордонного регулювання викидів вуглецю (СВАМ).

Екологічні показники використання вугілля для подальшого відновлення заліза можуть бути суттєво покращені, якщо поєднати процес газифікації з процесом електролізу води, електроенергія для якого отримується шляхом утилізації тепла синтез-газу [8].

При отриманні чавуну в доменному процесі з 1 т вугілля отримується 1,6–1,8 т чавуну (в залежності від витрат коксу на 1 т чавуну). При газифікації вугілля у поєднанні з утилізацією тепла синтез-газу і електролізом води з 1 т вугілля отримується така кількість синтез-газу і водню, якої достатньо для отримання 98,3 т заліза прямого відновлення.

Як коксівне, так і малометаморфоване вугілля містять приблизно однакову кількість вуглецю (80–85% від органічної маси). Тобто, не залежно від напряму використання (виробництво коксу чи

газифікація) при кінцевому споживанні продуктів переробки вугілля буде утворюватись приблизно однакова кількість парникового газу $\approx 2,4$ т/т. Але, якщо в доменному виробництві питоми викиди будуть складати 1,5–1,7 т/т чавуну, то при отриманні заліза прямого відновлення за запропонованою технологією питоми викиди складають 0,02 т/т, що відповідає завданням з декарбонізації металургії та підтверджує екологічність запропонованої технології.

Література:

1. Збірник «Статистичний щорічник України». 2018 рік. URL: https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2019/zb/11/zb_yearbook_2018.pdf.
2. GМК center. Вклад ГМК в економіку країни. 2024 р. URL: https://gmk.center/wp-content/uploads/2025/04/ukr_2025_Econ_Steel-impact.pdf.
3. Українська металургія: сучасні виклики та перспективи розвитку: моногр. / А.І. Амоша, В.І. Большаків, А.А. Мінаєв та ін; НАН України, Ін-т економіки промисловості. Донецьк, 2013. С. 114. URL: https://iie.org.ua/wp-content/uploads/akademichni_sluhannya/as_2_akadem_sluh_met.pdf.
4. Україна посіла 20 місце у світовому виробництві сталі в 2024 р. URL: https://gmk.center/wp-content/uploads/2025/04/ukr_2025_Econ_Steel-impact.pdf
5. Crude steel production by process 2024. У: *World Steel in Figures 2025*. World Steel Association. URL: <https://worldsteel.org/data/world-steel-in-figures/world-steel-in-figures-2025/#crude-steel-production-by-process-2024>.
6. Споживання металопродукції в Україні в січні-вересні зросло на 39,5% р./р. URL: <https://gmk.center/ua/news/spozhivannya-metaloprodukcii-v-ukraini-v-sichni-veresni-zroslo-na-39-5-r-r/>
7. Без перехідного періоду по СВММ Україна втратить ядро металургійної промисловості. URL: <https://gmk.center/ua/opinion/bez-perehidnogo-periodu-po-svam-ukraina-vtratit-yadro-metallurgijnoi-promislovosti/>
8. Шульга І.В., Кизим М.О., Хаустова В.Є., Котляров Є.І. Патент України на корисну модель № 156530. Спосіб отримання синтетичних моторних палив з вугілля. Бюлетень ДП УКРНОВІ. 2024. № 27.