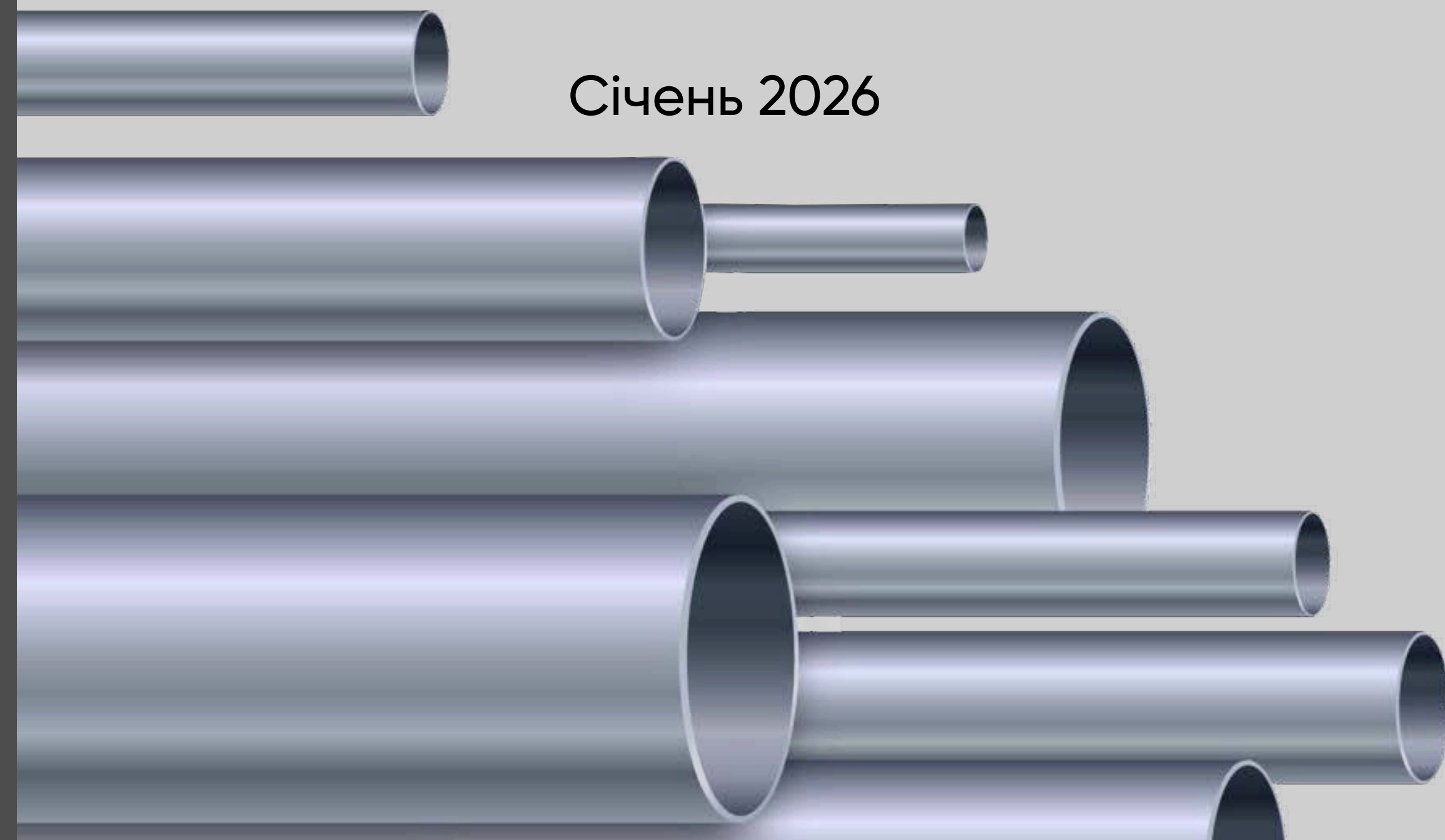




# ЗЕЛЕНА СТАЛЬ СЬОГОДНІ ТА ЗАВТРА

Січень 2026



|  |    |
|--|----|
| Зміст.....   | 01 |
| Сталь на шляху до «чистого нуля».....                                      | 03 |
| Як США стали лідером у виробництві «зеленої» сталі.....                    | 08 |
| Китайський шлях до безвуглецевої сталі.....                                | 11 |
| Як Індія декарбонізуватиме свою металургію.....                            | 15 |
| Перехід до «зеленої» сталі в Європі: що пішло не так?.....                 | 18 |
| Велика пауза проєктів декарбонізації сталеливарної індустрії ЄС.....       | 21 |
| Турецький рецепт «зеленої» сталі.....                                      | 23 |
| Японська «зелена» сталь.....   | 28 |
| Перспективи південнокорейської «зеленої» сталі.....                        | 30 |
| Сталева галузь Великої Британії: як і чому декарбонізація провалилася..... | 34 |
| «Зелена» сталь: як це зроблять у Канаді.....                               | 38 |
| Австралійська «зелена» сталь: два вектори.....                             | 42 |
| «Зелена» сталь Бразилії: наскільки це можливо?.....                        | 45 |
| «Зелена» сталь Затоки: погляд у майбутнє.....                              | 48 |
| Північноафриканська «зелена» сталь скоро стане затребуваною в ЄС.....      | 52 |
| Декарбонізація сталевих індустрій України: європейський шлях.....          | 57 |



**У грудні 2025 р. виповнюється 10 років з моменту ухвалення Паризької кліматичної угоди, в якій 193 країни та Євросоюз зобов'язалися стримувати глобальне потепління шляхом скорочення викидів CO<sub>2</sub> в атмосферу. Практична реалізація положень договору розпочалася з 2020 р. І зараз є можливість оцінити роботу, яку було виконано за 5 років у провідних країнах-виробниках сталі.**

На виплавку сталі припадає 7-9% глобальних викидів CO<sub>2</sub>. Тому їх поступове зниження до нульового рівня є важливим завданням міжнародного масштабу. Але в кожній країні його розв'язують на власний розсуд, виходячи з наявного потенціалу. Практика доводить, що не існує єдиної стратегії декарбонізації, яка була б однаково прийнятною для всіх країн і всіх металургійних компаній.

У різних країнах існують різні структури сталевих виробництва та генерації енергії, різні напрями державної політики, а також плани щодо розвитку відновлюваних джерел енергії. Відповідно, темпи прогресу на національному рівні помітно відрізняються.

Утім, проблеми, з якими стикаються виробники сталі на шляху декарбонізації, мають спільні риси. Це, перш за все, небажання споживачів сплачувати премії за екологічно чисту сталь. Плюс відсутність готових до впровадження доступних технологічних рішень, що роблять економічно доцільним масове виробництво «зеленого» H<sub>2</sub> та CCUS.

Нарешті, це обмеженість ресурсу сталевих брухту, потреба в якому різко зростає при переорієнтації з киснево-конвертерної (BF-BOF) на електродугову (EAF) технологію. Ось чому частина компаній досі не має довгострокових конкретних планів зі зниження викидів CO<sub>2</sub>, роблячи акцент на впровадженні найкращих доступних технологій сьогодні.

Серед інших бар'єрів, характерних для багатьох країн, можна відзначити слабкий захист внутрішнього ринку сталі, що різко звужує можливості місцевих гравців інвестувати в проекти декарбонізації. Також у списку викликів не останнє місце посідають високі ціни на енергоресурси та обмеженість доступу до міжнародних

інструментів фінансування. Майбутнє водневої металургії все ще залишається туманним. Як з погляду технологій, так і в контексті впливу на ринок. На цьому тлі ціла низка сталевих заводів, перш за все у Євросоюзі, наголошує про призупинення раніше анонсованих проєктів «зеленої» трансформації. Інші просто скорочують відповідні витрати. Дорожні карти виробників сталі та прогрес проєктів декарбонізації не тішать ні сталеві компанії, ні інших стейкхолдерів. У зв'язку з цим значно зростає роль державного регулювання. Воно покликано створити необхідні умови для розвитку ринку «зеленої» сталі. У цьому збірнику ми проаналізували та узагальнили досвід, досягнення, шлях і проблеми різних країн у «зеленому» сталевому переході.

Ми сподіваємося, що даний досвід і цикл матеріалів допоможе учасникам ринку, дослідникам, стейкхолдерам отримати повну та широку картину викликів та успіхів «зеленої» трансформації сталевих індустрій.

# Сталь на шляху до «чистого нуля»

## Необхідність протидії зміні клімату в міжнародному масштабі робить незворотною декарбонізацію сталевій галузі

На металургію припадає 7–9% усіх парникових викидів у світі. Тому процес поступового зниження викидів CO<sub>2</sub> під час виплавки сталі вже запущено в більшості провідних країн-виробників. Темпи просування відрізняються, оскільки залежать від низки факторів. Отже, з якими бар'єрами стикаються компанії і які стимули можуть прискорити “зелений” перехід?

### Фактор 1: Ресурси

Наявність великих вугільних родовищ зумовила домінування BF-BOF моделі (киснево-конвертерне виробництво) у сталевій галузі Китаю, Індії, Росії, Канади, Австралії, Німеччини, Великої Британії, В'єтнаму, ПАР, Індонезії, України тощо. Тоді як країни Затоки і Північної Африки, а також Іран володіють колосальними запасами природного газу.

Тому тут уся виплавка сталі побудована на моделі NG-DRI-EAF (виробництво DRI на основі природного газу з подальшою виправкою сталі в електродугових печах).

Є й винятки з правила. США, третій за величиною світовий видобувач вугілля, більшу частину сталі виробляє в електродугових печах (EAF). І навпаки.

Незважаючи на відсутність власних вугледобувних потужностей, Бразилія вибудувала свою металургію переважно на BF-BOF маршруті, використовуючи місцеве деревне вугілля.

Нарешті, є країни, які не мають власної металургійної сировини. І вони свого часу зробили різний вибір. Туреччина зробила ставку на будівництво електрометзаводів, тоді як Японія і Південна Корея – на інтегровані комбінати.

З огляду на те, що під час виплавки сталі за маршрутом BF-BOF середні викиди CO<sub>2</sub> становлять 2,2–2,4 т на 1 т, а за EAF моделі – 0,4–0,7 т, легко побачити, хто зараз має перевагу під час декарбонізації. Сталева продукція в країнах Затоки та Північної Африки, а також в Ірані – вже зараз практично “зелена”. Тоді як решті доведеться інвестувати значні кошти в досягнення навіть такого рівня. І що вища частка BF-BOF комбінатів у національній металургії, то більше потрібно інвестицій. Але куди інвестувати?

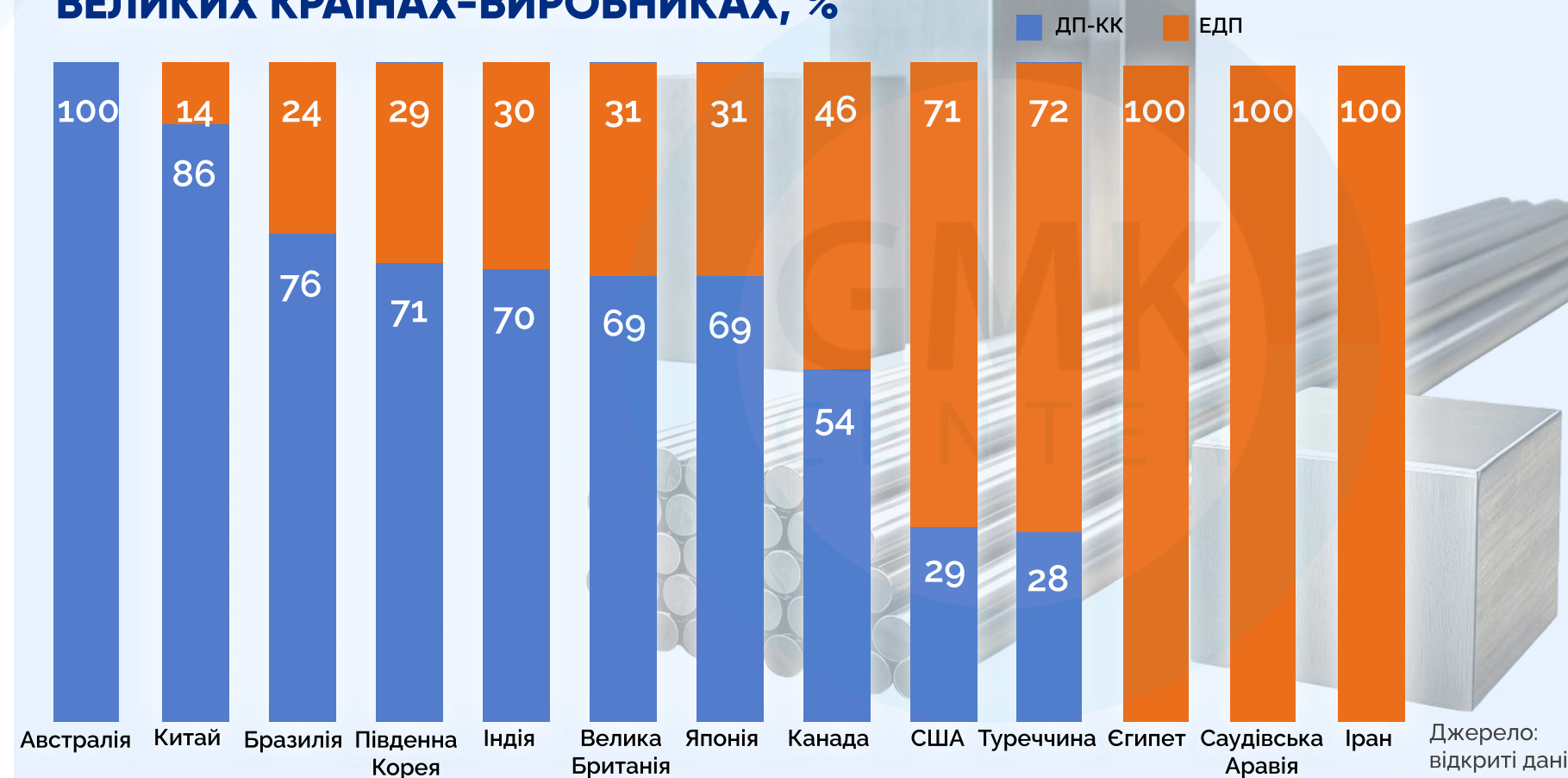
# 7-9%

усіх парникових викидів у світі припадає на металургію

# 2,2-2,4 т

становлять викиди CO<sub>2</sub> під час плавки 1 т сталі за маршрутом BF-BOF

## СТРУКТУРА СТАЛЕВОЇ ГАЛУЗІ У ВЕЛИКИХ КРАЇНАХ-ВИРОБНИКАХ, %



## Стратегії компаній

Наразі відомі два шляхи декарбонізації. Перший – заміна BF-BOF потужностей на NG-DRI-EAF із подальшою перспективою трансформації в H2-DRI-EAF (виробництво DRI з використанням водню з подальшою виплавою сталі в електродугових печах). Таку стратегію обрали:

- Британські Tata Steel UK і British Steel для меткомбінатів Port Talbot і Scunthorpe. Вартість проєктів £1,25 млрд і £2 млрд.
- Канадські підрозділ ArcelorMittal North America й Algoma Steel для комбінатів Dofasco й Algoma. Вартість проєктів \$1,8 млрд і \$880 млн.
- Британська Liberty Steel для австралійського комбінату Whyalla Works. Вартість проєкту \$485 млн.

Є і вже повністю готові кейси.

- Українська компанія “Інтерпайп” у 2012 році завершила будівництво EAF-заводу потужністю 1,32 млн т, повністю відмовившись від колишнього мартенівського виробництва сталі. Вартість проєкту \$700 млн.
- Російська об’єднана металургійна компанія в поточному році планує запуск в експлуатацію нового електрометзаводу “Еколант” потужністю 1,8 млн т сталі на рік. Вартість проєкту \$1,79 млрд.

Перевага цього шляху в тому, що він спирається на найкращі доступні технології (НДТ), а отже результат від їх впровадження та окупність можна впевнено прогнозувати.

Тоді як другий відомий на сьогодні маршрут декарбонізації, використання водню в доменних печах, – усе ще на стадії пошуку оптимальних рішень.

- Американська Cleveland-Cliffs у січні 2024 року на комбінаті Indiana Harbor завершила випробування впорскування H2 в доменну піч № 7, найбільшу в Північній Америці.
- Індійська Tata Steel у квітні 2023 року провела успішне пробне впорскування водню в BF на комбінаті у Джамшедпурі.
- Турецька OYAK Mining&Metallurgy у 2024 році завершила випробування впорскування водню в BF на комбінаті Erdemir.
- Японський консорціум Hydrogen Steelmaking у складі Nippon Steel, JFE Steel і Kobe Steel у 2023 році побудував невеликі дві експериментальні BF на заводах East Nippon Works у Кіміцу і JFE Steel у Тібе для досліджень із використання H2 у доменному виробництві.

Використання водню в доменних печах має обмежений потенціал скорочення викидів CO2 (до 20%) і не може призвести до виробництва низьковуглецевої сталі, на відміну від електродугових печей і DRI, виробленого з використанням водню.

За словами виконавчого директора Nippon Steel з екології Хідеоки Сузукі, застосування H2 в доменних печах не передбачає повної відмови від коксу. Тому обсяг парникової емісії, що залишається, планується нейтралізувати за допомогою технології CCUS (уловлювання, зберігання і використання CO2). Зараз вона далека від промислового впровадження. Усе впирається в ціну питання.

Nippon Steel удалося домогтися вартості \$149/т CO2 і це найкраще досягнення наразі. Очевидно, що це занадто великі витрати в перерахунку на 1 т готової сталі.

Плюс залежність від технічних рішень у суміжних галузях, насамперед у частині транспортування і зберігання вуглецю. Тому прогнозувати прогрес дуже складно.

## Фактор 2: Роль постачальників

ArcelorMittal North America в Канаді та Liberty Steel Australia у межах декарбонізації також планують будівництво заводів із випуску DRI потужністю 2,5 млн т і 1,8 млн т на рік. Наявність такого виробництва в майбутньому посилить ринкові позиції цих підприємств.

Але багатьом доведеться шукати сторонніх постачальників. Передусім тим, хто зараз для роботи своїх EAF використовує сталевий брухт. Його доступність на глобальному ринку знижуватиметься в міру появи дедалі нових електросталеплавильних потужностей, зокрема для заміни наявних BF-BOF.

Наприклад, у Китаї у 2024 році влада не схвалила жодного нового проєкту BF-BOF. За даними Centre for Research on Energy and Clean Air, дозволи видавали тільки на будівництво заводів EAF сумарною потужністю 7,2 млн т на рік.

За прогнозами консалтингової компанії Wood Mackenzie, частка EAF у світовому виробництві сталі до 2050 році підвищиться до 48% порівняно з 29,1% у 2024 році. За різними оцінками, завантаження цих потужностей потребуватиме приблизно 1 млрд т брухту на рік, тоді як його заготівля у 2024 році становила 460,6 млн т. Розраховувати на дворазове збільшення брухтозаготівлі металургам не доводиться.

До того ж дедалі більше країн вдаються до протекціоністських заходів щодо сталевого брухту, так чи інакше регулюючи брухтоекспорт, а то й повністю забороняючи його.



## \$149/т

складає найнижча вартість уловлювання CO2 під час сталевого виробництва



До 20% викидів CO2 може бути скорочено за рахунок використання водню в доменному процесі;

# Сталь на шляху до «чистого нуля»

Ось чому зростає роль DRI, HBI, CBI і тих країн, які здатні стати його постачальниками для компаній, там, де немає умов для власного виробництва низьковуглецевої залізорудної сировини.

Насамперед такими постачальниками можуть стати держави Затоки, Північної Африки, а також Іран, Австралія, Бразилія, Канада й Україна. І вони дуже зацікавлені в такому сценарії. Тому зараз готують до запуску цілу низку нових проєктів.

- У Мавританії держкомпанія SNIM спільно з консорціумом CWP Global має намір побудувати завод DRI річною потужністю 2,5 млн т на рік.
- У Єгипті планують будівництво заводу DRI потужністю 2,5 млн т вартістю €1 млрд із подальшим збільшенням до 4 млн т. Підприємство працюватиме в економічній зоні Суец.
- В Алжирі місцева компанія Corpesud спільно з італійським консорціумом CEIP Scarl планують будівництво заводу DRI вартістю €1 млрд.
- У Лівії турецька Tosyali Holding спільно з місцевою державною компанією SULB мають намір побудувати завод DRI потужністю 8,1 млн т на рік. Також у Лівії держкомпанія LISCO побудує завод DRI потужністю 2 млн т.
- Бразильська Vale побудує в Саудівській Аравії комплекс із виробництва 12 млн т CBI на рік в індустріальній зоні Ras-al-Khair.
- Bahrain Steel планує до 2028 року наростити випуск DRI до 24 млн т порівняно з 12 млн т у 2019 році.
- Emirates Steel із 2027 року має запустити в експлуатацію новий завод із випуску 2,5 млн т DRI на рік.

- Green Steel of Western Australia будує в штаті Західна Австралія DRI завод вартістю \$1,74 млрд.

Виробництво “зеленого” H2 – надзвичайно енергоємний процес. Причому для нього потрібна саме “зелена” електроенергія.

Цілком очевидно, що не у всіх є такий потенціал із сонячної енергетики, як у країн Затоки, Північної Африки, Австралії, Ірану і Бразилії, або з гідроенергетики, як у Канади.

Тому саме вони можуть стати постачальниками не тільки “зеленого” DRI/HBI/CBI, а й “зеленого” H2 для сталевих індустрій в інших країнах.

Виходячи з цього, стратегія декарбонізації в Китаї, Японії, Південній Кореї, Великій Британії, державах Євросоюзу передбачає значні обсяги імпорту водню до 2050 року.

За прогнозами, на той час його ціна знизиться до \$1500/т. Це має бути комерційно прийнятною пропозицією. Наразі вартість виробництва “зеленого” H2 у різних країнах коливається в межах від \$5000/т до \$12 000/т, а вартість транспортування приблизно відповідає ціні самого продукту.

Це добре показує, наскільки зараз воднева декарбонізація далека від ринкових реалій.

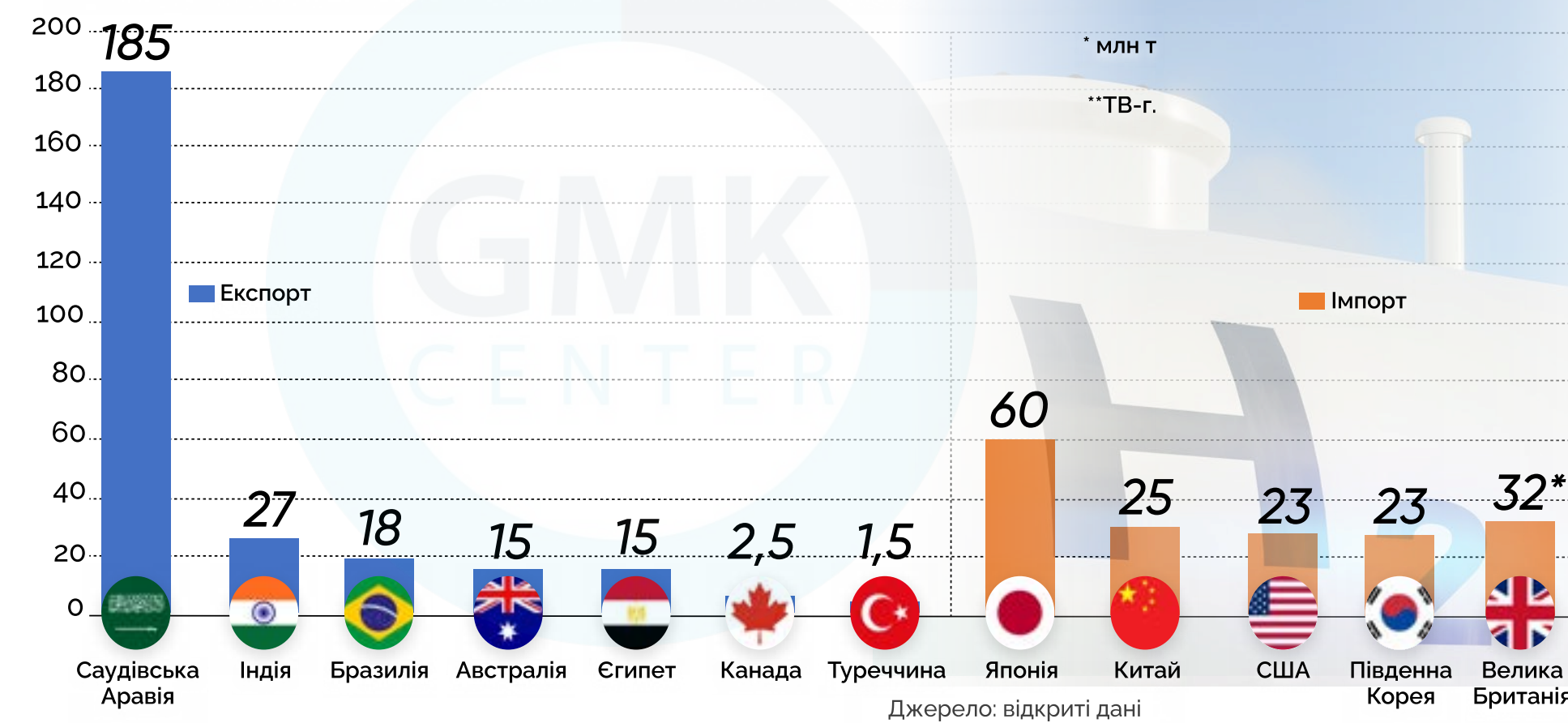
## Фактор 3: “Зелена” державна політика

Досягнення вуглецевої нейтральності економіки в межах кожної окремо взятої країни – не проблема самих емітентів CO2, зокрема металургів.

Це загальнонаціональне завдання. Там, де влада це розуміє, декарбонізація сталевих індустрій просувається набагато швидше.

**48%** світової сталі до 2050 р. буде вироблятися в EAF

## ПРОГНОЗ ЕКСПОРТУ ТА ІМПОРТУ H2 ДО 2050 Р. У ВЕЛИКИХ КРАЇНАХ-ВИРОБНИКАХ СТАЛІ\*



**1 млрд т** брухту на рік потребуватиме завантаження EAF-потужностей до 2050 р

Це загальнонаціональне завдання. Там, де влада це розуміє, декарбонізація сталевих індустрій просувається набагато швидше.

- У Японії сталеві виробники можуть отримати відрахування з податкових зобов'язань у розмірі \$149 за кожну тонну "зеленої" сталі, отриманої на нових об'єктах. Надання компаніям фіскальних кредитів може виявитися набагато ефективнішим інструментом, ніж субсидії та гранти від Єврокомісії для європейських металургів.
- У Великій Британії сталеві виробники отримують пайове державне фінансування проєктів "зеленого" переходу у формі безвідсоткових кредитів із Фонду національного добробуту.
- В Австралії сталеві проєкти "зеленого" переходу отримують до 50% необхідних інвестицій із федерального інвестиційного фонду Green Iron Fund. Крім того, виробники "зеленого" H2 із 2027 року можуть претендувати на податкові кредити в розмірі \$2000/т.
- У Канаді влада сприяє EAF-переходу місцевих компаній шляхом пайового державного фінансування проєктів. Джерело коштів – надходження від плати підприємств за викиди CO2.

Цей аспект надзвичайно важливий. Оскільки в Україні, наприклад з емітентів також стягують плату за викиди.

Вона надходить до загального фонду держбюджету і до фонду Держенергоефективності, де витрачається на поточні потреби.

Цей аспект надзвичайно важливий. Оскільки в Україні, наприклад, з емітентів також стягують плату за викиди. Вона надходить до загального фонду держбюджету і до фонду Держенергоефективності, де витрачається на поточні потреби.

За такого підходу у держави ніколи не буде можливості фінансувати "зелений" перехід. Ні в металургії, ні в інших галузях, а без державної участі такі проєкти часто непосильні для компаній.

Наприклад, у Бразилії загальну вартість декарбонізації сталевих галузей оцінюють у \$29,19 млрд, в Індії – \$283 млрд тощо.

Хоча і тут є нюанси. Аналіз ситуації показує: там, де є сильний тарифний захист внутрішнього ринку, металурги здатні рухатися до вуглецевої нейтральності навіть без значної державної участі.

Наприклад, у США, Канаді, Японії. А часом навіть без неї – як у Південній Кореї та Туреччині. І навпаки.

Відсутність ефективних перешкод на шляху дешевого сталевих імпорту – головний виклик для декарбонізації у Бразилії, Австралії, Великій Британії та Євросоюзі.

Це різко звужує можливості металургійних компаній для "озеленення" виробництва, а часом просто обнуляє їх, оскільки місцеві гравці змушені конкурувати через зниження рентабельності своїх продажів.

Запровадження систем торгівлі викидами (СТВ) CO2 вважають передовим способом вуглецевого ціноутворення. Наразі система торгівлі емісійними квотами діє у Великій Британії та Євросоюзі.

З 2028 року вона запрацює у Бразилії. У Китаї та Південній Кореї ринок вуглецевих квот функціонує, але поки поширюється тільки на енергетику. Повноцінна участь сталевих компаній почнеться з 2026–2027 років.

Однак системи торгівлі викидами самі по собі не створюють стимулів для декарбонізації, яка потребує розроблення і впровадження нових технологій.

Паралельно з ВТВ мають працювати державні програми фінансової підтримки декарбонізації, що дають змогу компенсувати частину витрат на R&D та інвестиційні проєкти зі зниження викидів CO2 у промислових масштабах.

Теоретично сприяти декарбонізації може і СВМ, додатковий тариф на імпорту метпродукції з високим вуглецевим слідом. У ЄС він набуде чинності з 1 січня 2026 року.

Велика Британія також оголосила про плани впровадження такого механізму після 2027 року. Але не всі можуть наслідувати приклад цих країн. Так, влада Канади неофіційно дійшла висновку про недоцільність СВМ.

За даними канадського Мінфіну, 76% експорту місцевих підприємств із високим рівнем викидів CO2 припадає на США.

**\$5000-12000/т**

коштує наразі виробництво "зеленого" H2

**\$283 млрд**

загальна вартість декарбонізації сталевих галузей Індії

# Сталь на шляху до «чистого нуля»

Відповідні торговельні заходи Вашингтона на канадський СВМ виявляються занадто болючими.

І, нарешті, пріоритет “зеленої” сталі під час державних закупівель.

Поки на законодавчому рівні він закріплений тільки в Індії та Японії. Але японським законом «Про лідерство GX» такою визначається збалансована сталь, тобто продукція зі зниженим рівнем викидів, вироблена традиційним способом BF-BOF. І не згадується сталь з EAF.

Тим самим даються стимули для декарбонізації BF-BOF потужностей, але компанії, які вже випускають “зелену” сталь без додаткових витрат, зазнали дискримінації. Очевидно, що це дуже серйозна законодавча прогалина. На неї важливо звернути увагу там, де аналогічні ініціативи тільки готують до ухвалення.

Отже, декарбонізація сталевих галузі в багатьох країнах стикається з великими проблемами.

Це потреба в розробленні нових технологій, залученні інвестицій на це розроблення і впровадження, необхідність конкурувати з традиційною сталеву продукцією, яка є дешевшою. Прискорити їх розв’язання можуть розумна державна політика і регуляція ринку.



# Як США стали лідером у виробництві «зеленої» сталі

## Американська металургія стала «зеленою» задовго до того, як у ЄС та інших країнах заговорили про перехід на більш екологічні технології

Американські компанії зробили ставку на електродугове виробництво сталі з низьким рівнем викидів CO2 задовго до того, як у світі заговорили про необхідність боротьби з парниковим ефектом в атмосфері.

У результаті сьогодні сталева індустрія США вже фактично є «зеленою». І, що дуже важливо, спирається на власну сировинну базу.

### Курс на EAF

Структура американської металургії колись нічим не відрізнялася від європейської. У середині 1970-х у країні налічувалося 45 комбінатів на технології BF-BOF із річною потужністю виробництва 1 млн т на рік. Були зведені й справжні гіганти, такі, як Gary Works в Індіані на 7,5 млн т.

Реструктуризація галузі почалася на початку 1980-х років, коли з'явилися перші електросталеплавильні мінізаводи (EM3) із технологією R-EAF на основі металобрухту. Їхні невеликі обсяги виробництва давали можливість швидше реалізовувати випущений прокат і значно розширити його сортамент.

До цього додавалася можливість швидко переналаштувати піч із виплавки одного виду сталі на інший. Це допомагало краще відповідати актуальним запитам ринку і було головною перевагою порівняно з традиційними металургійними комбінатами. Про зниження вуглецевого сліду в готовій метпродукції тоді ще ніхто не задумувався.

До 1992 року у США вже працювало 65 EM3 із сумарною потужністю 25 млн т на рік, а у 2001 році їхня кількість перевищила 90, сумарну продуктивність оцінювали приблизно у 92 млн т.

Цей аспект надзвичайно важливий. Оскільки в Україні, наприклад, з емітентів також стягують плату за викиди. Вона надходить до загального фонду держбюджету і до фонду Держенергоефективності, де витрачається на поточні потреби.

Усе це вимагало величезних інвестицій, орієнтовно \$23 млрд, але вони багаторазово окупилися. Перевагою EM3 також є незалежність від постачань імпортової залізної руди. Сировиною для EAF здебільшого слугує металобрухт, а обсяги збору брухту у США величезні – 73,3 млн т за підсумками 2024 року. Паралельно розвивалося і виробництво DRI, що також використовують в EAF.

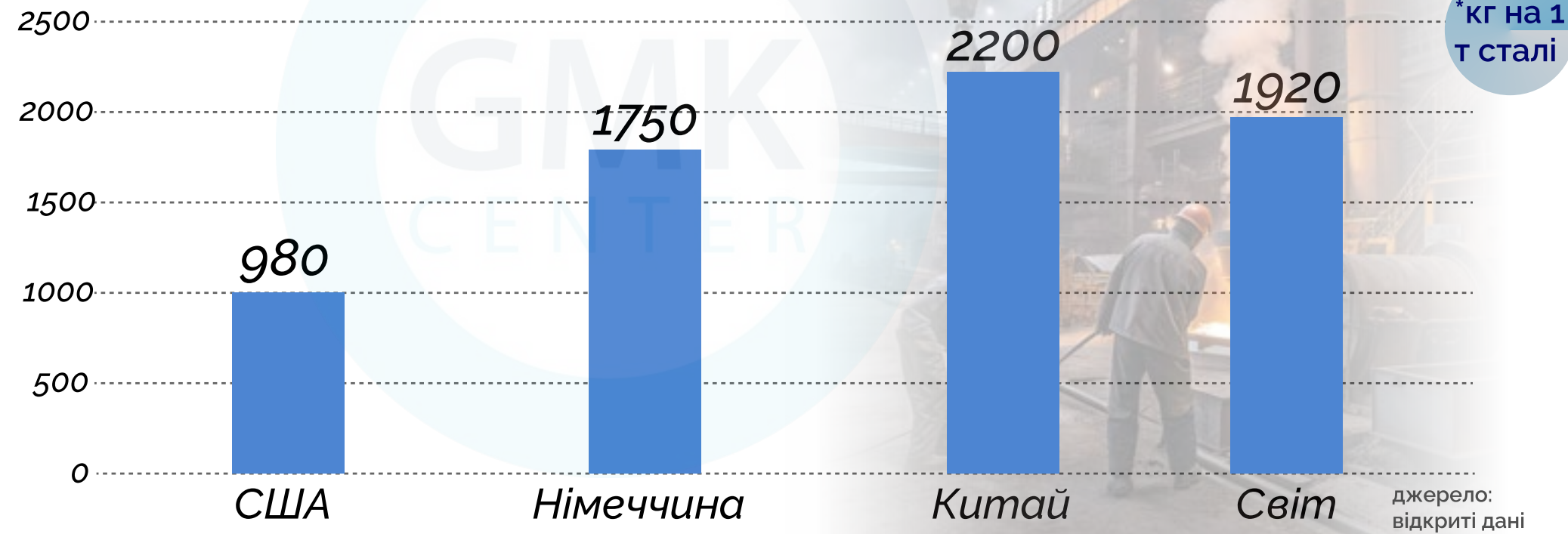
Справжній прорив у цій сфері стався наприкінці 1990-х. У результаті випуск DRI зріс із 0,51 млн т у 1998 році до 1,56 млн т у 2000 році. У 2022 році показник сягнув 5,24 млн т.

Таким чином, американська металургія стала «зеленою» задовго до того, як у ЄС та інших країнах почали говорити про перехід на більш екологічні технології виробництва сталі.

За словами віцепрезидента Асоціації виробників сталі (SMA) Брендона Фарріса, сьогодні сталеві виробники США на 75–320% більш вуглецево ефективні, ніж глобальні ринки. І це справді так.

Варто уточнити, що це усереднений показник, який враховує роботу металургійних комбінатів за традиційною технологією BF-BOF. Викиди CO2 у заводів на R-EAF scrap based перебувають у межах 0,39–0,8 т на 1 т сталі, тобто відповідають нинішнім екологічним стандартам. А таких заводів у США переважна більшість.

## ПИТОМІ ВИКИДИ CO2 У МЕТАЛУРГІЇ ОКРЕМИХ КРАЇН\*



# \$23 МЛРД

## інвестували американські сталеві компанії у EAF-виробництво

# Як США стали лідером у виробництві «зеленої» сталі

Це пояснює, чому «зелені» премії до ціни сталевого прокату у США дорівнюють нулю, на відміну від європейського ринку.

До речі, більшість американських виробників, споживачів та експертів вважають, що різниця у відпускній ціні г/к рулону, виготовленого у США і ЄС, це фактично і є «зелена» премія. Але це не означає, що металурги США зупинилися на досягнутому.

### Декарбонізація по-американськи: інвестиції та інновації

Ініціативу щодо досягнення нульового рівня парникових викидів американською металургією активно просувала попередня адміністрація президента США Джозефа Байдена.

Усі великі сталеливарні компанії прагнули відповідати цим критеріям.

Окремо можна виділити інвестиції Nucor у розмірі \$15 млн і \$35 млн у дослідження компаній NuScale і Helion, спрямовані на створення малих ядерних і термоядерних реакторів.

Передбачалося, що їх збудують до 2030 року для забезпечення електроенергією заводів Nucor в Алабамі й Арканзасі. Безумовно, це дуже інноваційний підхід.

Річ у тім, що у США протягом останніх 10 років стрімко розвивалася «зелена» енергетика. Лише у 2024 році там запрацювали нові сонячні електростанції загальною потужністю 21,4 ГВт і вітрові на 2,8 ГВт. Федеральна комісія з регулювання енергетики (FERC) прогнозує, що до вересня 2027 року в країні з'явиться ще 93,8 ГВт СЕС і 23,3 ГВт ВЕС.

Тому Nucor могла б і не інвестувати в розроблення реакторів майбутнього, обмежившись традиційною енергією з відновлюваних джерел.

Тим не менше, компанія не пошкодувала коштів на реальні інновації. Серед інших найбільш помітних проєктів можна виокремити:

- Уловлювання, транспортування і зберігання вуглецю із заводу Nucor із виробництва DRI у Конвенті, штат Луїзіана. Згідно з договором, який підписали 1 червня 2023 року, нафтогазова корпорація ExxonMobil зобов'язалася уловлювати із заводу Nucor до 800 тис. т CO2 на рік і зберігати на своєму підприємстві в Луїзіані. Запуск проєкту заплановано на 2026 рік.

- Будівництво заводу з виробництва H2 DRI в Огайо компанією Cleveland-Cliffs. Потужність підприємства – 2,5 млн т на рік.



джерело: американський інститут чавуну та сталі

Окрім установки H2 DRI, він матиме дві електродугові печі (EAF) потужністю 120 МВт кожна. Нове обладнання має замінити доменні печі заводу Middletown Works.

- Уловлювання, транспортування в зберігання вуглецю із заводів US Steel в Огайо, Пенсильванії та Західній Вірджинії. Відповідний меморандум із норвезькою нафтогазовою корпорацією Equinor було підписано у червні 2021 року.

- Уловлювання і складування CO2 із належного US Steel металургійного заводу Gary Works в Індіані. Передбачалося уловлювання та мінералізація до 50 тис. т вуглецю на рік. Виконавцем робіт обрали компанію CarbonFree Chemicals Holdings LLC, яка розробила для цього спеціальну технологію SkyCycle.

У цьому ще одна принципова відмінність американського підходу до декарбонізації від європейського. Компанії у США, окрім технології H2 DRI – EAF, взяли в розробку ще один варіант – уловлювання парникових газів із подальшим перетворенням на спеціальний хімічно осаджений карбонат кальцію (PCC).

**0,39–0,8 т**  
на 1 т сталі складають викиди CO2 у заводів США на R-EAF scrap based



Тоді як металургійні компанії в ЄС із самого початку зациклилися на створенні підприємств майбутнього із H2 DRI – EAF. Проблема в тому, що це майбутнє виявилось надто віддаленим. Зіткнувшись із реаліями (висока вартість виробництва «зеленого» водню), європейські металурги зараз вимушені коригувати плани.

Крім того, це складніший і дорожчий шлях, який не дає жодних конкурентних переваг європейцям. Тим часом процеси декарбонізації в металургії США тривають. Подальший розвиток цих процесів, на думку аналітиків, насамперед пов'язаний із купівлею корпорації US Steel найбільшим японським виробником Nippon Steel.

В основі інвестиційних планів японської компанії лежить перехід із BF-BOF на R-EAF scrap based для американських підприємств US Steel. Для реалізації цих цілей планують спрямувати приблизно \$7 млрд.

Це стало однією з основних умов, на яких адміністрація США погодилася угоду щодо поглинання US Steel японською корпорацією. Таким чином, важливим аспектом «зеленого» курсу в американській металургії є грамотна політика влади, незалежно від партійної належності.

## Державне регулювання

Закритість американського сталевих ринку митами, зокрема тарифом у розмірі 50%, який запровадив Дональд Трамп із 4 червня, захистила інвестиції в декарбонізацію, здійснені місцевими компаніями.

У такий спосіб було перекрито канал надходження дешевшої сталі, виробленої за старою технологією BF-BOF. Така сталь позбавляла ці інвестиції економічної доцільності.

Імовірно, захист у найближчому майбутньому буде посилено завдяки запровадженню аналога європейського CBAM – механізму трансграничного вуглецевого коригування вартості імпортованої сталі.

На цьому наполягають в асоціації «Американський інститут чавуну і сталі» (AISI). Причому у США, на відміну від ЄС, є всі передумови для впровадження CBAM, оскільки американці вже зараз виробляють екологічно чисту сталь.

Отже, нормативне регулювання дало можливість владі вибудувати таку схему декарбонізації сталевих підприємств США: «тарифний захист внутрішнього ринку» – «інвестиції компаній» – «реалізація «зелених» проєктів». Модель працює дуже просто.

Загороджувальні мита забезпечують вищу маржинальність продажів сталевих компаній. Завдяки цьому вони отримують додаткові фінансові ресурси для «зелених» інвестицій. Інакше кажучи, подальший розвиток сталевих галузей фінансує кінцевий споживач.

У ЄС ситуація зовсім інша. Складна й неефективна система захисту сталевих ринку у вигляді квот призвела до надмірного імпорту і критично низької маржинальності продажів європейських виробників.

Це триває вже багато років. У результаті єврометалурги не мають змоги фінансувати дорогі проєкти водневого «зеленого переходу».

Тому Єврокомісія і національні уряди змушені брати на себе частину фінансування цих проєктів. Однак, і їхніх ресурсів виявилось недостатньо. Занадто дорогим за нинішніх технологій обходиться виробництво водневої сталі, в ринок не готовий платити більше.

Тому реалізація проєктів «зеленого» переходу в Європі затримується, навіть попри багатомільярдні бюджетні субсидії.

Імовірно, це сталося через помилку у виборі технології декарбонізації. Водночас європейським металургам потрібно було лише ознайомитись з успішним досвідом американців у цій сфері та створити основні умови: захист ринку і стимули для попиту.



# Китайський шлях до безвуглецевої сталі

## Політика «зеленої» трансформації у Китаї вирізняється послідовністю і спирається на потужний економічний потенціал

КНР сьогодні – це 55% виплавки сталі та понад 60% парникових викидів у світовій металургії, тому її декарбонізація безпосередньо залежить від китайського успіху.

Наразі виробництво 1 т готового прокату в Китаї спричиняє 2,33 т викидів CO<sub>2</sub>, тоді як середньосвітовий показник становить 1,92 т.

Отже, потенціал величезний. І його поступово реалізують у межах кліматичної політики Пекіна. Її ефективність значною мірою покажуть підсумки поточного року, протягом якого планують досягти амбітних цілей.

## «Зелена» державна політика

Національний план «1 + N» виходу на нульовий рівень викидів CO<sub>2</sub> до 2060 року влада Китаю ухвалила у 2020 році. У межах цієї стратегії з липня 2021 року у країні запрацювала система торгівлі квотами на парникові викиди ETS CH.

Зараз вона охоплює приблизно 35% усіх викидів CO<sub>2</sub> в економіці Китаю. Саме стільки припадає на енергетичний сектор. Сьогодні в ETS CH беруть участь 2162 підприємства електроенергетики, або 99,5% усіх учасників ринку. Загалом за 2022–2024 роки обсяг торгівлі квотами становив 634 млн т, обіг – \$6,06 млрд, зокрема у 2024 році – 188 млн т і \$2,52 млрд.

Міністерство екології та охорони довкілля у березні поточного року повідомило про завершення підготовки до розширення ETS CH.

За словами представника відомства Лю Шицзе, у 2025–2026 роках національний ринок парникових квот охопить ще вісім секторів. Зокрема металургію, яка дає 17% усіх китайських викидів CO<sub>2</sub>.

До цього додавалася можливість швидко переналаштувати піч із виплавки одного виду сталі на інший. Це допомагало краще відповідати актуальним запитам ринку і було головною перевагою порівняно з традиційними металургійними комбінатами. Про зниження вуглецевого сліду в готовій метпродукції тоді ще ніхто не задумувався.

До 1992 року у США вже працювало 65 ЕМЗ із сумарною потужністю 25 млн т на рік, а у 2001 році їхня кількість перевищила 90, сумарну продуктивність оцінювали приблизно у 92 млн т.

Цей аспект надзвичайно важливий. Оскільки в Україні, наприклад, з емітентів також стягують плату за викиди. Вона надходить до загального фонду держбюджету і до фонду Держенергоефективності, де витрачається на поточні потреби.

Усе це вимагало величезних інвестицій, орієнтовно \$23 млрд, але вони багаторазово окупилися. Перевагою ЕМЗ також є незалежність від постачань імпортової залізної руди.

Сировиною для ЕАФ здебільшого слугує металобрухт, а обсяги збору брухту у США величезні – 73,3 млн т за підсумками 2024 року. Паралельно розвивалося і виробництво DRI, що також використовують в ЕАФ.

Як і раніше для енергетики на початковому етапі дозволи на викиди підприємствам роздаватимуть безоплатно. Надалі загальну квоту скорочуватимуть, що призведе до здорожчання викидів. Зараз їхня вартість (для енергокомпаній) \$12,5/т CO<sub>2</sub>. У 2022 році торги стартували з позначки \$7,4/т. Запровадження платної системи викидів CO<sub>2</sub> з урахуванням їх поступового здорожчання стане вагомим стимулом для декарбонізації китайської металургії.

Серед інших важелів державного регулювання варто відзначити заходи, перелічені у Спеціальному плані дій з енергозбереження та скорочення викидів вуглецю у сталеливарній промисловості, схваленому Національною комісією з розвитку та реформ (NDRC) у липні 2024 року.

Як відомо, китайська влада періодично обмежує завантаження сталеплавильних потужностей з екологічних міркувань, зокрема задля боротьби зі смогом.

**17%**  
усіх китайських викидів CO<sub>2</sub>  
припадає на сталеву галузь

**\$2,52 МЛРД**  
становив обсяг китайської  
торгівлі квотами CO<sub>2</sub> у 2024 р.

# Китайський шлях до безвуглецевої сталі

За рішенням NDRC, це не застосовуватиметься до метпідприємств, які досягли рівня класу А за показниками викидів.

Урядові відомства отримали право обмежувати й навіть повністю забороняти експорт металургійної продукції з високою енергоємністю. І навпаки, метпродукція з низькою енергоємністю отримує пріоритет.

Також місцевій владі заборонено надавати дозволи на будівництво нових металургійних заводів, які не відповідають вимогам щодо скорочення та заміни споживання вугілля, регіонального зниження та повного контролю викидів.

Крім того, для металургійних підприємств з екологічними показниками класу С і D впроваджують підвищені тарифи на електроенергію. За допомогою цих механізмів NDRC до кінця 2025 року планує досягти:

- зниження споживання електроенергії на 1 т чавуну і сталі для заводів BF-BOF на 1% порівняно з 2023 роком;
- зниження споживання електроенергії на 1 т сталі для заводів EAF на 2%;
- скорочення споживання вугілля на 20 млн т і викидів CO<sub>2</sub> на 53 млн т порівняно з 2023 роком.

Варто зазначити, що вже у 2024 році влада не схвалила жодного нового проекту BF-BOF. За даними Centre for Research on Energy and Clean Air, дозволи видавали лише на будівництво заводів EAF із сумарною потужністю 7,2 млн т на рік.

Таким чином, уряд КНР наполегливо підштовхує місцеві металургійні компанії до «зелених» змін.

Перш за все завдяки впровадженню енергозберігальних технологій, цифровізації, відмові від низькоякісної залізної руди на користь високоякісної.

Це зміни з категорії «тут і зараз». У середньостроковій перспективі зниження вуглецевої інтенсивності планують досягти завдяки переходу на R-EAF на базі металобрухту.

## «Короткий шлях»

Електросталеплавильне виробництво в Китаї називають «коротким шляхом». Наразі його можна вважати нішевим сектором металургії КНР. Водночас завантаження у EAF нижче, ніж у BF-BOF.

Тому внесок електрометалургії у китайське виробництво сталі ще менший, аніж частка номінальних потужностей.

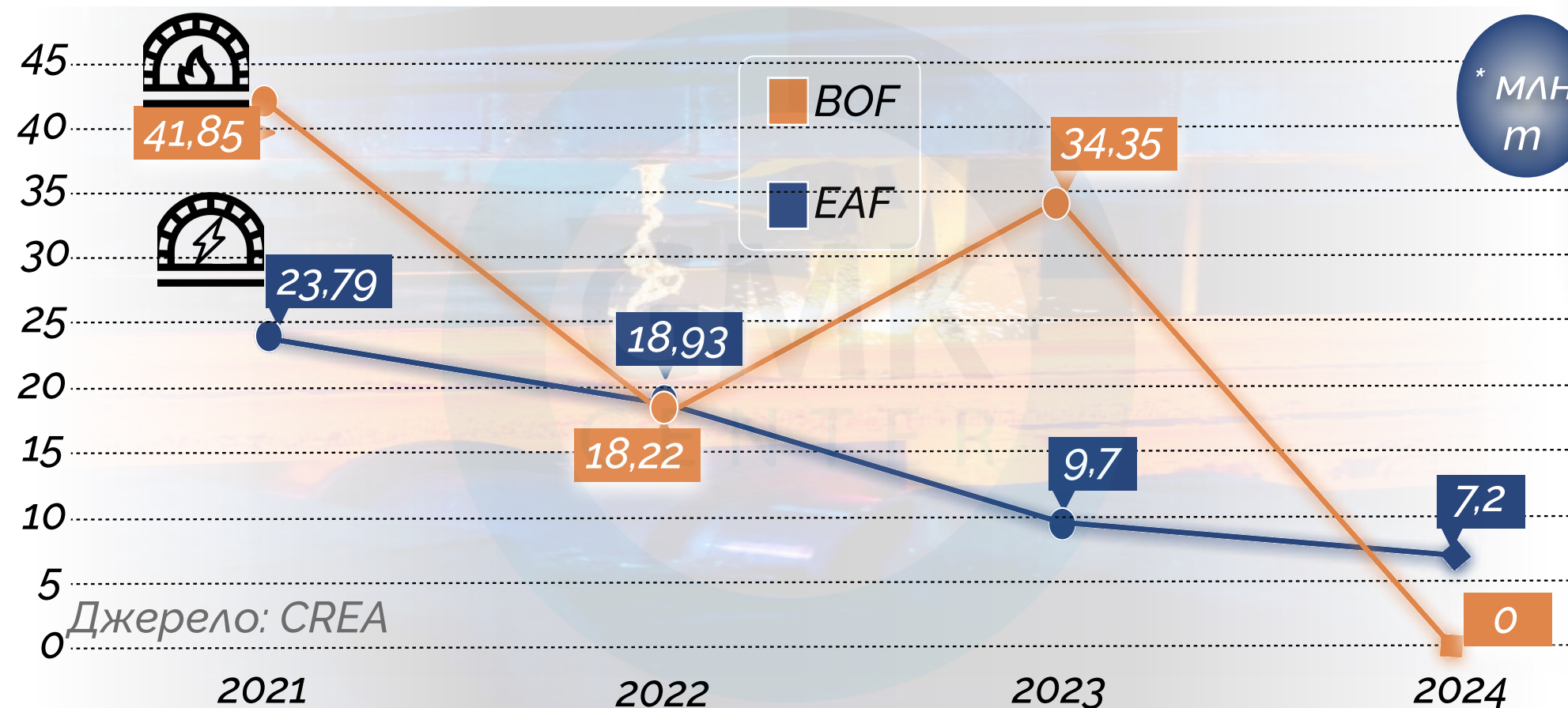
Тим часом, збільшивши частку EAF на металобрухті у загальному обсязі виробництва сталі до 56%, Китай до 2050 року зможе скоротити викиди на 39% порівняно з 2020 роком, за розрахунками аналітичного центру з питань зміни клімату E3G.

Тому цьому наряду приділяють велику увагу. Проте на цьому «короткому шляху» металурія КНР стикається з однією дуже серйозною перешкодою.

Спочатку влада ставила завдання у 2025 році досягти 20% внеску EAF у загальний обсяг виробництва.

Тобто вдвічі підвищити показник порівняно з 2023 роком. Для цього потрібна не лише повна завантаженість усіх електрометалургійних заводів, які працюють, а й будівництво нових.

## ДОЗВОЛИ НА БУДІВНИЦТВО НОВИХ СТАЛЕПЛАВИЛЬНИХ ПОТУЖНОСТЕЙ У КИТАЇ\*



# 39%

викидів CO<sub>2</sub> порівняно з 2020 р. може бути скорочено металургами КНР до 2050 р. за рахунок EAF-переходу

# Китайський шлях до безвуглецевої сталі

Зараз у КНР будують EAF загалом на 48 млн т. Водночас неефективні електросталеплавильні потужності на 21 млн т підлягають закриттю. Тобто реальне зростання становитиме 27 млн т.

Цього недостатньо, щоб виготовити у поточному році 200 млн т електросталі. Тому Національна комісія з розвитку та реформ (NDRC) знизила цільовий показник для EAF на 2025 року до 15% від усієї виплавки.

Для досягнення цієї мети необхідно виплавити 143–150 млн т. Це відповідає вже наявному потенціалу. З цього випливає, що темпи розвитку електрометалургії КНР відстають від раніше встановлених параметрів.

Причина – брак металобрухту, який використовують як сировину для EAF. Китайське споживання лому у 2024 році становило 214 млн т.

Однак лише 30% цього обсягу використовували в електросталеплавильному виробництві, оскільки значна його частина йде в BOF разом із чавуном. Влада бачить вихід із ситуації у збільшенні заготівлі металобрухту до 300 млн т у 2025 році.

Драйверами є державні програми субсидій споживачам на нові автомобілі й побутову техніку. З одного боку, у такий спосіб зростають обсяги амортизаційного металобрухту, з іншого – підвищується завантаження машинобудівних заводів. Їхні виробничі відходи – основний ресурс для збору лому.

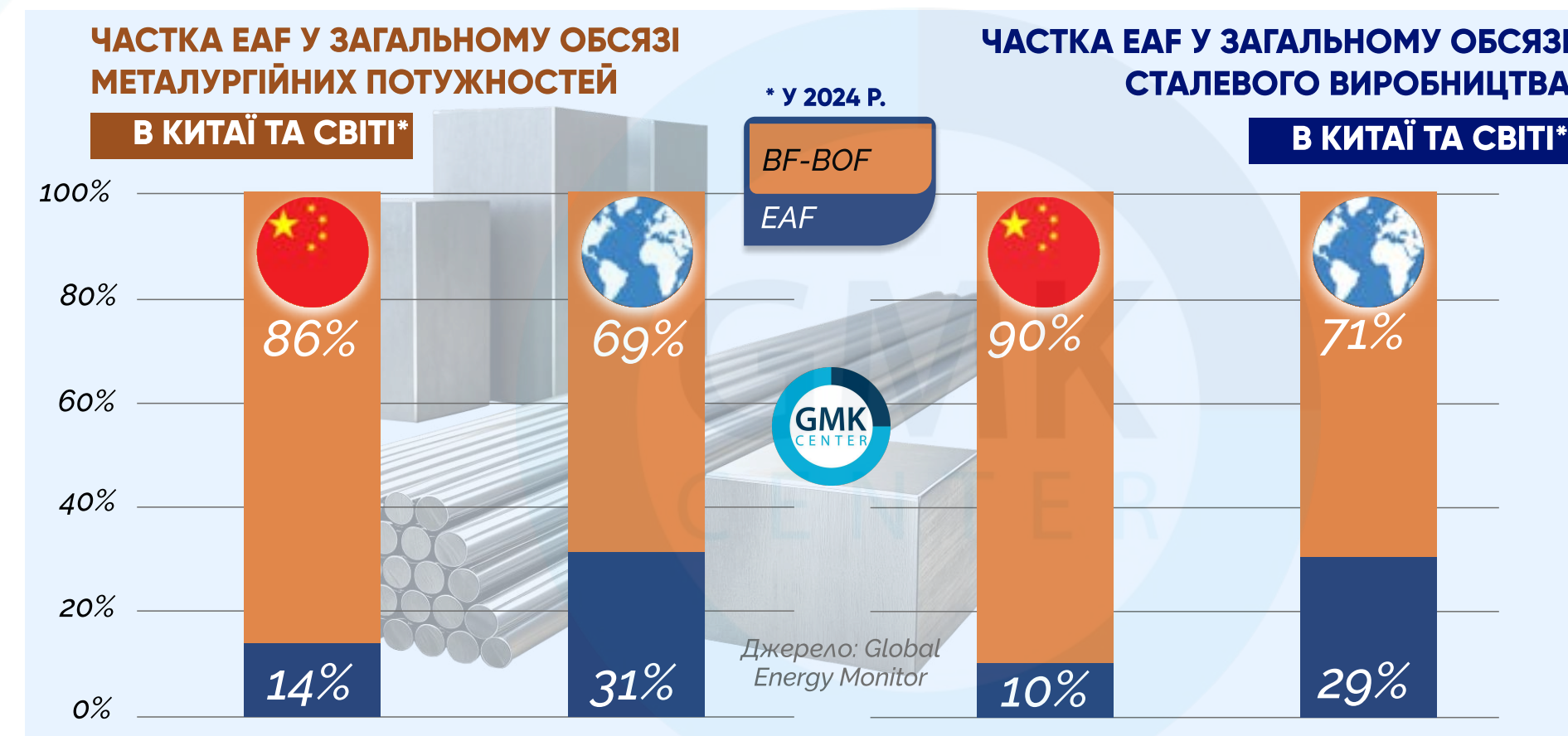
Крім того, у червні поточного року Китайська асоціація чавуну і сталі (CISA) запропонувала уряду додати сталевий брухт до переліку критично важливих матеріалів, що передбачає обмеження або повну заборону його експорту.

Але навіть ці заходи не забезпечать ресурсної бази для повного переходу на RE-EAF scrap based, незважаючи на всю потужність китайського машинобудування та можливості імпорту брухту. Металургія КНР ще потужніша, тому її остаточна декарбонізація можлива лише на водневих технологіях.

## Водневий потенціал

Китай упевнено лідирує у промисловому використанні H<sub>2</sub>. У 2024 році виробництво водню зросло на 3,5%, до 36,3 млн т, за даними Національного енергетичного агентства (NEA).

Однак переважно це так званий сірий і синій водень на основі технологій SMR і ATR, які не є екологічно чистим продуктом. Частка «зеленого» водню в цій структурі незначна. Тим не менше, певний прогрес є. У 2024 році в Китаї ввели в експлуатацію 35 нових проєктів із виробництва «зеленого» H<sub>2</sub> загальною потужністю 48 тис. т. Таким чином, потенціал «зеленої» водневої індустрії сягнув 125 тис. т на рік. Це 50% від загальносвітового показника. Для порівняння: найбільший у Європі завод із виробництва «зеленого» H<sub>2</sub>, який працює, належить німецькому концерну BASF і має потужність електролізу 54 МВт. Потужність найбільшого в Китаї заводу компанії Sinoprec Xinjiang Kuqa Green – 260 МВт.



**21 МЛН Т**  
неефективних електросталеплавильних потужностей у КНР підлягають закриттю

# Китайський шлях до безвуглецевої сталі

У 2020 році Національна комісія з розвитку та реформ (NDRC) затвердила Довгостроковий план розвитку водневої енергетики на 2021–2035 роки. Відповідно до цього документа, до 2025 року обсяг виробництва «зеленого» H<sub>2</sub> у країні має становити 100–200 тис. т на рік, тобто розвиток галузі йде за графіком, цільові показники виконують. Водночас наразі водень у металургії має дуже обмежене застосування.

Серед чинних проектів варто відзначити завод HBIS Group у районі міста Чжанцзякоу з виробництва DRI з використанням H<sub>2</sub> як відновника заліза.

Потужність підприємства – 600 тис. т на рік, планують розширення до 1,2 млн т. Цей проект є найекологічнішим виробництвом DRI у світі з викидами 0,25 т CO<sub>2</sub> на 1 т продукції, за даними італійської компанії Danieli, постачальника обладнання.

Із «зеленої» сталі, отриманої в EAF на основі H<sub>2</sub> DRI, HBIS планує випустити до 1,5 млн т листового прокату для автопрому. На цьому самому підприємстві HBIS також збирається тестувати технологію CCUS з уловлювання, зберігання та утилізації вуглецевих викидів. За попередніми розрахунками, вона дасть можливість уловлювати 0,125 т CO<sub>2</sub> на 1 т виробленого DRI.

Також потрібно виокремити завод із виробництва H<sub>2</sub> DRI потужністю 1 млн т на рік компанії Baosteel Zhanjiang Iron&Steel у провінції Гуандун.

Водночас NEA відзначає проблеми зі споживанням «зеленого» водню. Тому з понад 600 запланованих проектів із його виробництва на кінець 2024 року було завершено лише 90, ще 80 перебувають на стадії будівництва. Причина – усе ще надто висока вартість такого продукту.

Собівартість виробництва «зеленого» H<sub>2</sub> у Китаї у 2024 році становила \$3,85/кг, за даними Національного енергетичного управління (NEA). Це на 15,6% менше, ніж роком раніше.

Ціна для кінцевих споживачів також знизилася – на 13,7%, до \$6,69/кг. Таку суттєву націнку, майже вдвічі, пояснюють високою вартістю транспортування. І це при тому, що більшість заводів із виробництва H<sub>2</sub> розташовані у Північно-Східному Китаї, тобто саме там, де зосереджені й основні сталеплавильні потужності.

Тобто нинішня проблема Китаю полягає не у здешевленні самого виробництва «зеленого» H<sub>2</sub>. Необхідні більш доступні рішення щодо його доставлення. Для порівняння: у США такий продукт обходиться споживачам у \$5,2/кг, у Євросоюзі – \$6,94/кг, за даними S&P Global Commodities. За нинішніх умов «зелена» премія на сталь у КНР перевищує \$225/т, за даними Global Efficiency Intelligence. Це надто багато – приблизно 50% до ціни звичайної сталі BF-BOF.

Наприклад, у суднобудуванні для балкера водотоннажністю 40 тис. т використовують орієнтовно 13,2 тис. т сталі. У безвуглецевому варіанті це означає додаткові \$3 млн за судно. Його середня вартість перевищує \$30 млн, тобто націнка становитиме 10 %, що дуже відчутно для покупця.

Водночас у житловому будівництві при середній витраті сталі 50 кг/м<sup>2</sup> націнка для стандартної двокімнатної квартири площею 50 м<sup>2</sup> становить лише \$563.

Якщо взяти середню поточну ціну такої квартири в Чунціні вартістю \$70 тис., то націнка менше 1%. Таким чином, навіть за нинішньої кон'юнктури у довгомірної продукції, яку виготовили на базі RE-EAF-scrap, є реалістичні перспективи збуту.

## Плюс оптимізація

Оцінюючи можливості скорочення викидів CO<sub>2</sub> у китайській металургії, варто нагадати про заяву Національної комісії з розвитку та реформ (NDRC), зроблену у березні цього року.

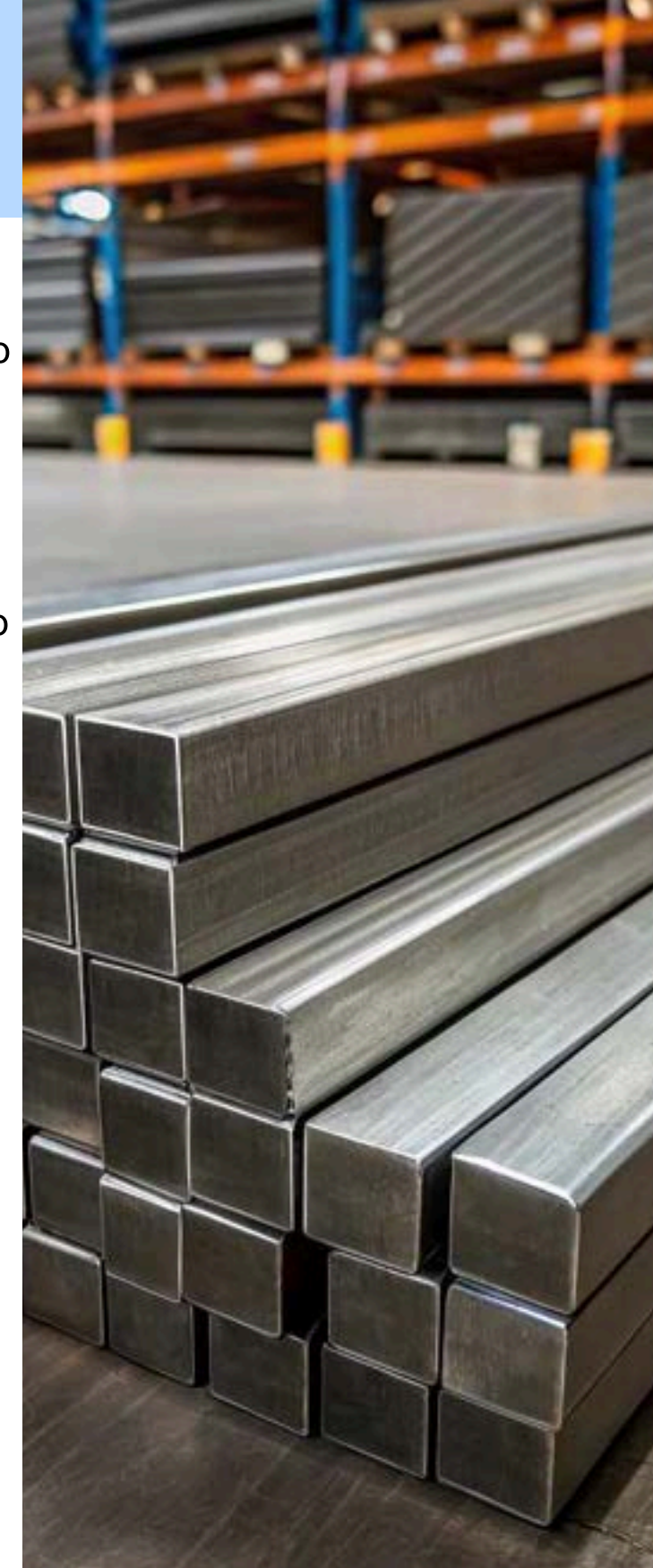
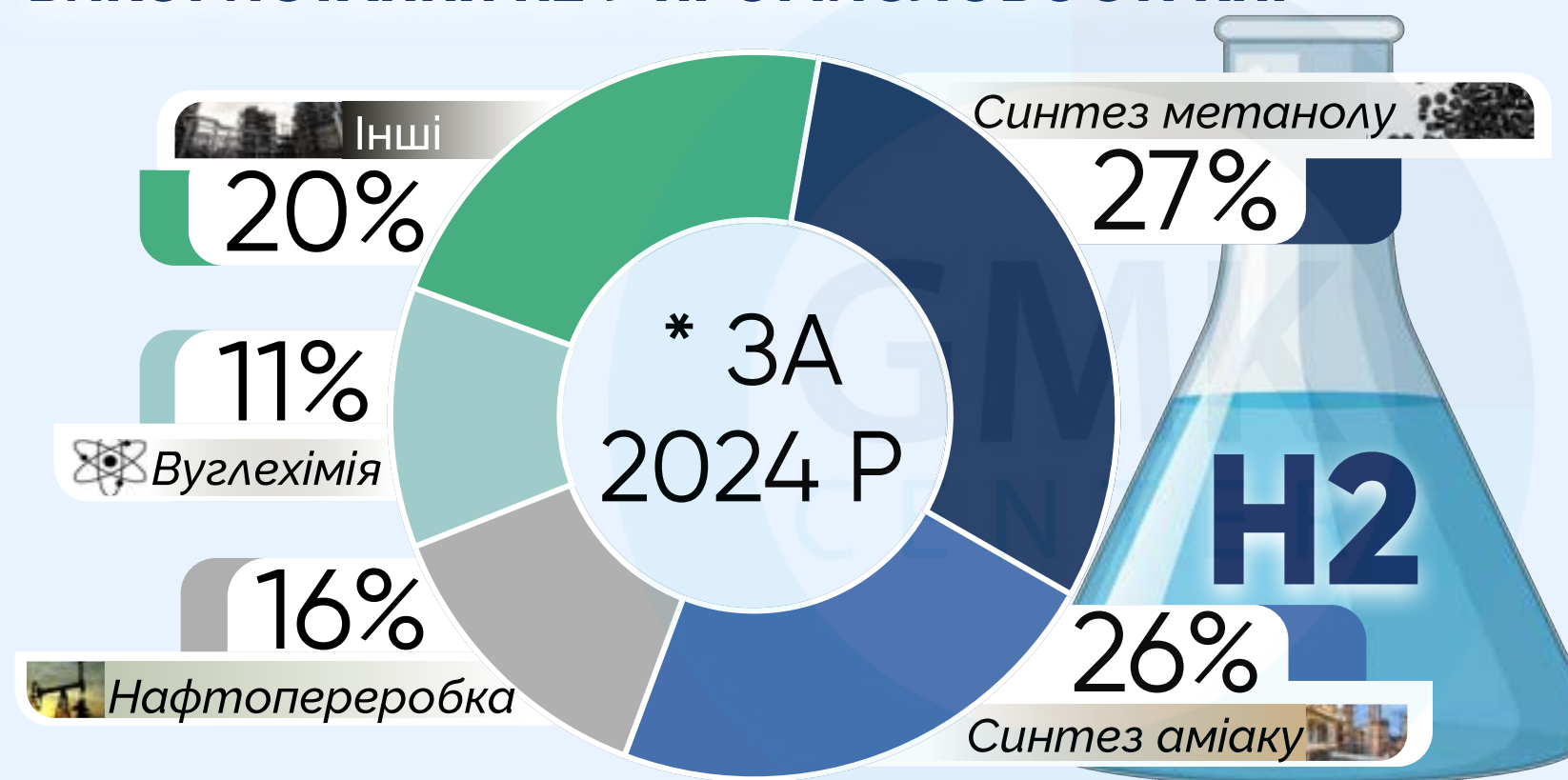
Тоді Комісія у посланні для Всекитайських зборів народних представників зазначила, що буде рішуче сприяти реструктуризації сталеливарної промисловості, скорочуючи виробництва.

Масштабів скорочень не деталізували, проте галузеві джерела припускали, що йдеться про приблизно 50 млн т на рік. Терміну запланованої реструктуризації також не оголошували – до кінця поточної п'ятирічки (тобто до кінця цього року) чи наступної, до 2030 року.

Втім, оскільки цю тезу внесли до офіційного програмного документа головного державного органу, відповідального за економічну політику, то можна констатувати: у Китаї наближається скорочення виплавки сталі.

Цього можуть досягти, обмежуючи роботу чинних підприємств або закриваючи малоефективні потужності чи завдяки комбінації цих механізмів. У будь-якому разі вказані заходи приведуть до суттєвого додаткового скорочення викидів CO<sub>2</sub> у металургії КНР.

## ВИКОРИСТАННЯ H<sub>2</sub> У ПРОМИСЛОВОСТІ КНР\*



# Як Індія декарбонізуватиме свою металургію

## Уряд країни розпочав трансформацію зі створення нормативно-правової бази

Індійська металургія сьогодні є найперспективнішою у світі у контексті «зеленого» переходу. За темпами приросту виплавлення сталі Індія з великим відривом лідирує серед 10 найбільших країн-виробників.

І це попри скромні обсяги експорту і все ще значний імпорт готової сталі. Сильний внутрішній попит п'ятої за обсягом економіки світу вже протягом кількох місяців стримує зниження глобального показника металоспоживання.

Водночас на 1 т сталі в Індії припадає 2,54 т викидів CO<sub>2</sub> за середньосвітового показника 1,91 т, тобто потенціал для їх зниження колосальний. І в одному дуже важливому аспекті індуси вже випередили інших.

Уперше у світі їхня сталь отримала екологічну класифікацію на державному рівні, тим самим створено нормативну базу для подальшого «зеленого» переходу.

## Крок перший: регламентація

Міністерство сталі Індії (MSI) 21 березня 2025 року оприлюднило Таксономію «зеленої» сталі. Вона набуде чинності у 2026–2027 фінансовому році й встановлює три категорії рейтингу. Для присвоєння рейтингу сталь, яку виробляє підприємство, має відповідати таким критеріям:  
5\* – при виробництві 1 т готової сталі викиди мають бути менше ніж 1,6 т CO<sub>2</sub>;  
4\* – при викидах 1,6–2,0 т CO<sub>2</sub>;  
3\* – при викидах 2,0–2,2 т CO<sub>2</sub>.  
При сумарній оцінці категорій Score 1 та Score 2 враховують у повному обсязі, Score 3 – частково.

До цього розділу включені викиди CO<sub>2</sub> під час виробництва коксу, агломерації й спікання залізної руди, виробництва окатків і транспортування сировинних компонентів.

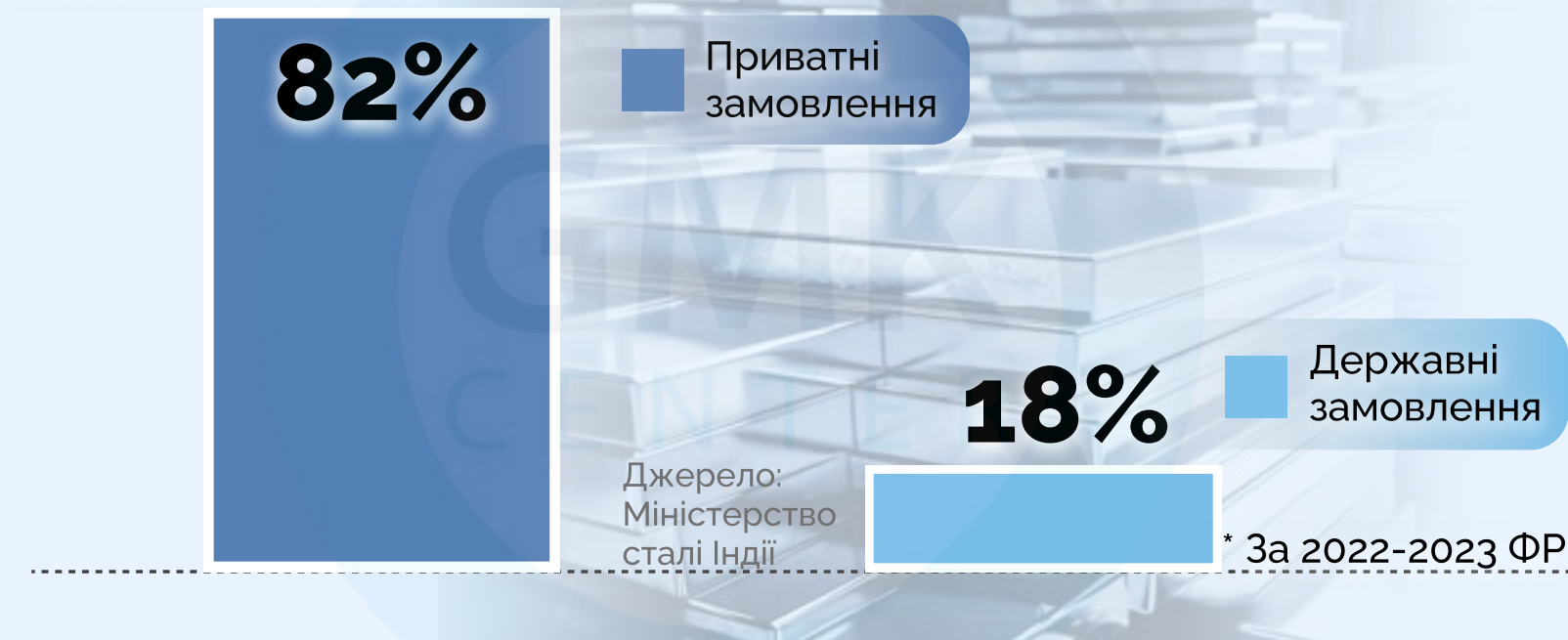
Присвоєнням рейтингів і видаванням відповідних сертифікатів опікуватиметься Національний інститут вторинних сталеливарних технологій (NISST).

Критерії рейтингу переглядатимуть раз на 3 роки. Створення та ведення державного реєстру «зеленої» сталі на основі висновків NISST доручено Бюро енергоефективності (BEE).

Влада має намір надавати перевагу такій сталі в межах Політики «зелених» державних закупівель (GPP), яку розробило MSI. Це важливий стимул з огляду на значну роль держави в загальному металоспоживанні.

За даними MSI, у 2022–2023 фінансовому році (ФР) обсяг державних замовлень метпродукції становив 25 млн т. До 2030–2031 ФР він зросте до 67–73 млн т.

## ЧАСТКА ДЕРЖЗАМОВЛЕНЬ У МЕТАЛОСПОЖИВАННІ ІНДІЇ\*



## Крок другий: оптимізація

Досягти нульових викидів CO<sub>2</sub> в економіці й, відповідно, у металургії Індія планує до 2070 року. Це дуже довгий термін, зазначають скептики. Зате реалістичний.

За даними Міністерства сталі, вартість питання для галузі – \$283 млрд. Це сума, потрібна лише для наявних металургійних підприємств із сумарною річною потужністю 200 млн т. Без урахування додаткових витрат на нові заводи потужністю 300 млн т, які планують збудувати до 2047 року.

Тут ідеться про кінцеву мету – повністю беземісійне виробництво. За фактом же індійська сталь має стати «зеленою» набагато раніше. І коштуватиме це «лише» \$13 млрд. У таку суму оцінюють впровадження покращувальних технологій.

Насамперед у плані енергоефективності. Зараз питоме енергоспоживання індійських метзаводів на технології BF-BOF становить 6–6,5 ГКал на 1 т сталі, на технології DRI-EAF/IF – 7 ГКал за середньосвітового показника 4,5–5 ГКал.

# \$13 МЛРД

коштуватимевпровадження НДТ в металургії Індії

# Як Індія декарбонізуватиме свою металургію

Шляхи зниження міністерство бачить у цифровізації виробничих процесів. Плюс перехід до використання енергії з відновлюваних джерел (ВДЕ). Зараз індійська сталева індустрія отримує з ВДЕ лише незначну частину споживаної електроенергії.

До 2030–2031 фінансового року цей показник має сягнути 43,33%. Тільки завдяки цьому питомі викиди CO<sub>2</sub> знизяться з нинішніх 2,54 т до 2,35 т на 1 т сталі. Як відомо, енергія з ВДЕ суттєво дорожча, ніж вироблена на вугільних електростанціях. Зробити її доступнішою планують завдяки скасуванню оплати за передавання електроенергії.

Серед інших напрямів можна відзначити підвищення ефективності матеріалів для індійської металургії. Зараз вона здебільшого використовує низькоякісну залізну руду.

За підрахунками MSI, збільшення вмісту Fe на 1% у ЗРС підвищує продуктивність доменної печі на 2% і знижує споживання коксу на 1%. Цього досягають завдяки додатковим збагаченням або агломерації залізної руди.

Наскільки ці плани реалістичні? ArcelorMittal Nippon Steel India має намір до 2026–2027 фінансового року, тобто в найближчому майбутньому, довести частку відповідності своєї металопродукції «зеленим» критеріям до 70%. Уже зараз у компанії показник викидів CO<sub>2</sub> становить 2,17 т на 1 т сталі. До 2030 року він має знизитися до 1,8 т, тобто це цілком реально.

Водночас очевидно, що, хоча категорія 5\* для індійської «зеленої» сталі передбачає доволі високий рівень викидів (порівняно зі США – світовим лідером декарбонізації сталеливарної галузі), вони не є досяжними для комбінатів із BF-BOF.

Наприклад, та сама ArcelorMittal Nippon Steel India у 2030 році не зможе отримати 5\* для всієї продукції, тому потрібні подальші кроки.

## Інструменти декарбонізації

На відміну від США, які зробили ставку на R-EAF scrap based, і Євросоюзу, що обрав H<sub>2</sub>-DRI-EAF, Індія у своїй Дорожній карті «озеленення» сталеливарного сектору не визначає конкретного технологічного шляху декарбонізації.

Вона відкрита до використання всіх можливих варіантів. Така гнучкість, безумовно, є перевагою стратегії Нью-Делі.

Сьогодні на електродугові печі припадає 30% індійських сталеплавильних потужностей. Водночас їх завантаження нижче, ніж у комбінатів із BF-BOF – 74% і 84% відповідно. Серед нових підприємств із загальною потужністю 258 млн т на рік на стадіях від проектування до реалізації частка EAF становить 13%, або 33,54 млн т.

Тут можна відзначити будівництво заводу Tata Steel у Пенджабі продуктивністю 750 тис. т сталі на рік, а також проект державної компанії SAIL зі спорудження заводу з EAF потужністю 1,5 млн т сталі до 2029 року.

До 2047 року Міністерство сталі задекларувало наміри збільшити частку брухту у виробництві сталі з 15% до 50%. Для цього знадобляться додаткові поставки, які планують отримати завдяки імпорту.

Уже зараз Індія є одним із найбільших світових імпортерів металобрухту – 9,39 млн т за підсумками 2024 року. Очевидно, що у майбутньому цей показник може подвоїтися. Наразі імпорт забезпечує приблизно 25% потреби в цьому ресурсі. Внутрішній збір брухту становить орієнтовно 25 млн т.

Водночас MSI відзначає складнощі із забезпеченням майбутнього виробництва, коли все більше країн обмежують або навіть прямо забороняють експорт брухту. Тому Індія реалізує стратегію збільшення внутрішнього збору брухту.

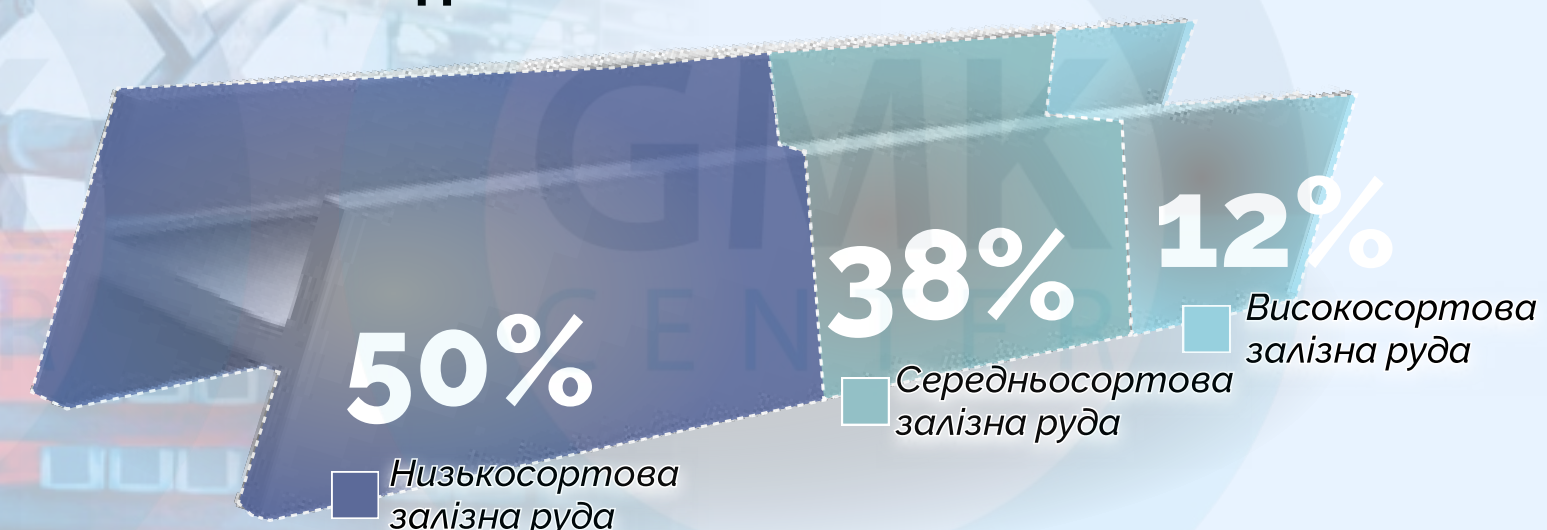
**5%**  
індійських печей з виробництва DRI працюють на природному газі

**5 МЛН Т**  
"зеленого" H<sub>2</sub> планує виробляти Індія до 2030 р.

## ЧАСТКА ВДЕ У ЗАГАЛЬНОМУ ОБСЯЗІ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ МЕТАЛУРГІЇ ІНДІЇ\*



## СТРУКТУРА СПОЖИВАННЯ ЗРС У МЕТАЛУРГІЇ ІНДІЇ



# Як Індія декарбонізуватиме свою металургію

У межах цієї стратегії великі сталеливарні компанії, такі як SAIL і Tata Steel, інвестують значні кошти у власну заготовку брухту.

Також влада має плани зі створення загальнонаціональної електронної платформи для торгівлі металобрухтом. Це має сприяти детінізації індійської заготовчої галузі.

Крім того, вже діє програма, яка пропонує власникам вживаних авто стимули для утилізації. Розглядають і можливість обмеження експорту сталевих брухту, обсяги якого, втім, невеликі: 8175 контейнерів у 2023–2024 фінансовому році.

Ще одним напрямом є технологія CCUS, яка передбачає уловлювання, утилізацію і зберігання CO<sub>2</sub>. В індійській металургії є кілька пілотних проєктів зі збирання CO<sub>2</sub>.

Як відомо, Індія – світовий лідер із виробництва DRI, але лише 5% обпалювальних печей працюють на природному газі, решта – на вугіллі.

Тому ще одним напрямом скорочення викидів є газифікація цього виробництва. Цим шляхом пішла компанія Jindal Steel: вона побудувала установку газифікації вугілля на заводі у штаті Одіша. Отриманий синтетичний газ використовують для відновлення заліза у котках до 99,99%.

Загалом уряд ставить завдання досягти річного обсягу газифікації вугілля у 100 млн т до 2030 року. З цією метою державна компанія Coal India Ltd. (CIL) створила спільні підприємства з Bharat Heavy Electricals Ltd. і Gas Authority of India Ltd. (GAIL). На відповідні проєкти виділяють державне фінансування у розмірі 3,61 млрд.

Ще залишається водень, а саме заміна коксу та вугілля на H<sub>2</sub> у печах для виплавки чавуну й виробництва DRI.

Поки цей напрям перебуває на пілотній стадії. Tata Steel у квітні 2023 року провела успішне пробне впорскування водню у доменну піч на комбінаті у Джамшедпурі.

У лютому 2025 року, тобто через два роки, компанія повідомила про розроблення труб зі спеціальної сталі, яка дає можливість транспортувати газоподібний H<sub>2</sub> під високим тиском.

Можна помітити, що роботи просуваються не надто швидко. Однак насправді для Tata Steel та інших сталеливарних компаній немає сенсу форсувати технічні зміни, оскільки сама воднева індустрія розвивається повільно.

Національна місія з виробництва «зеленого» водню (NGHM), ухвалена у січні 2023 року, передбачає випуск 5 млн т продукту до 2030 року. Проте лише наприкінці червня цього року корпорація Adani Group змогла запустити першу в країні установку з потужністю електролізера 5 МВт у штаті Гуджарат.

У поточному році група JSW також планує ввести в комерційну експлуатацію завод із виробництва H<sub>2</sub> з потужністю електролізу 25 МВт у штаті Карнатака.

Таким чином, цілі NGHM до 2030 року точно не буде досягнуто. Причина – занадто висока собівартість H<sub>2</sub>. Наразі вона становить \$4,6-6,3/кг, за даними Institute for Energy Economics & Financial Analysis.

У цьому році уряд скасував плату за передавання електроенергії, знизив тариф на розподіл електроенергії та ПДВ для виробників «зеленого» водню. За рахунок цих заходів, за оцінками IEEFA, собівартість зменшиться до \$3–3,75/кг.

Але цього недостатньо. За даними Міністерства сталі, ціна в межах \$1/кг зробить використання H<sub>2</sub> комерційно обґрунтованим для індійських металургійних заводів.

У такому разі вони зможуть споживати приблизно 1,1 млн т на рік. Тому, очевидно, що уряду доведеться шукати додаткові механізми зниження вартості виробництва «зеленого» водню.

Загалом розрахунки MS свідчать про реалістичність декарбонізації індійської металургії. За наявності «зеленої» премії у розмірі 30% до ціни звичайної продукції із заміною 20% виробництва BF-BOF на безвуглецеву «зелену» сталь збільшить вартість інфраструктурних проєктів лише на 1,1%, виробництва авто та побутової техніки – на 0,5–1%. У такому випадку «зелений» перехід галузі оплачуватимуть кінцеві споживачі.



## Сталеві виробники зіткнулися з «несподіваною» проблемою дорогої енергії та неготовності технологій

Провідні сталеві гравці коригують раніше затверджені плани декарбонізації виробництва і висувають національним урядам жорсткі умови. Що відбувається і які будуть наслідки, розбирався GMK Center.

### Водень на паузі

На цей час відомі три способи зниження викидів CO<sub>2</sub> у виробництві сталі:

1. Використання енергії з відновлюваних джерел для виплавки в електродуговій печі (R-EAF scrap based).

2. Випуск металізованих окатків із застосуванням водню для відновлення заліза до 99,99% із подальшою виплавою (H<sub>2</sub> DRI – EAF).

3. Електроліз розплавленого оксиду заліза (MOE).

Останній варіант найскладніший із погляду технології. Перший має певні обмеження: оскільки EAF використовують як сировину металобрухт, а безперебійне постачання цього ресурсу стає дедалі проблематичнішим. Тоді як налагодивши водневе виробництво DRI із залізної руди, можна повністю відмовитися від виплавки чавуну в доменних печах, як при технології BF-BOF.

Вона й дає основну частину викидів CO<sub>2</sub> в металургії.

Саме тому варіант № 2 провідні європейські виробники обрали як основний. Зокрема, концерн ArcelorMittal SA у липні 2021 року анонсував будівництво заводу з випуску H<sub>2</sub> DRI в іспанському Хіхоні з річним обсягом 2,3 млн т. Вартість проекту на той момент становила €1 млрд.

Передбачалося, що вже у 2025 році нове підприємство запрацює та почне постачати продукцію на електрометзавод ArcelorMittal у Сестао. Analysis.

Однак наприкінці листопада минулого року концерн офіційно оголосив, що проєкт затримується на невизначений термін.

Як причини вказувалися несприятлива ринкова й енергетична ситуація, а також повільний розвиток інфраструктури «зеленого» водню.

З аналогічними проблемами зіткнувся найбільший німецький сталевий виробник, концерн Thyssenkrupp AG. Наприкінці березня він призупинив (також на невизначений термін) тендер на закупівлю «зеленого» водню для заводу з виробництва H<sub>2</sub> DRI у Дуйсбурзі потужністю 2,5 млн т на рік. Сам тендер було оголошено ще у лютому 2024 року.

«Стає зрозуміло, що запропоновані ціни будуть значно вищі за передбачувані, а інші рамкові параметри водневої економіки, яка розвивається повільніше, ніж очікувалося, – істотно зміняться», – йдеться в коментарі концерну.

Варто зазначити, що наприкінці березня витрати на виробництво «зеленого» водню методом лужного електролізу в Німеччині агентство S&P Global оцінювало на рівні €9,35/кг. У грудні минулого року було €14,5/кг, тобто значно дорожче.

Втім, з урахуванням, що заводу в Дуйсбурзі потрібно 151 тис. т продукту протягом 10 років, ідеться справді про астрономічну суму. Тому проєкти розвитку водневої металургії в Європі наразі поставлені на паузу.

«Ми й далі використовуватимемо водень, як тільки це стане економічно доцільно і можливо технічно», – пообіцяли в Thyssenkrupp.

У зв'язку із цим пріоритетним напрямом декарбонізації сталевих промисловості повсюди стає R-EAF scrap based, але й із ним не все так просто.

### Реакція споживачів

Стверджувати, що висока вартість «зеленої» сталі є головною перешкодою, не зовсім коректно. Як би дорого вона не коштувала, якщо покупці готові платити – це не проблема. Але в тому й річ, що не готові, хоч і обіцяли.

Автоконцерни General Motors Co, Jaguar Land Rover Corp, Volvo Group AB, Mercedes-Benz Group AG і Volkswagen AG раніше заявили, що до 2050 року перейдуть на 100% використання безвуглецевої сталі в автовиробництві, але до 2050 року дуже далеко.

### Частка «зеленої» сталі у загальному обсязі продажів ArcelorMittal Europe\*



## €9,35/кг

### коштувало виробництво «зеленого» H<sub>2</sub> в Німеччині наприкінці березня

# Перехід до «зеленої» сталі в Європі: що пішло не так?

«Хоча клієнти мають зацікавленість до сталі з низьким рівнем викидів вуглецю, готовність платити надбавки з їхнього боку обмежена. Отже, фактично вони не можуть купувати таку сталь, оскільки ми продаємо її тільки з надбавкою», – пояснив фінансовий директор ArcelorMittal [Дженуїно Крістіно](#).

Аналіз ринкової ситуації повністю підтверджує цю тезу. За даними Fastmarkets, у середині квітня цінові премії для «зеленої» сталі в ЄС перебували на рівні €200–300/т залежно від глибини вуглецевого сліду, тоді як покупці були готові сплачувати €100–150, тобто вдвічі менше. Представники заводів у відповідь зазначали, що максимальний дисконт, на який вони можуть погодитися, це €20–30/т.

«Таким чином, попит і пропозиція наразі далекі одне від одного. «За нашими оцінками, «зелена» премія може існувати на ринку дуже короткий час і не стане вирішальним фактором для інвестицій у «зелений» сталевий перехід», – прокоментував директор GMK Center [Станіслав Зінченко](#).

## Основні умови

Генеральний директор ArcelorMittal Germany Томас Бюнгер стверджує, що головна причина припинення декарбонізації – висока вартість електроенергії. За його словами, прийнятною для електросталеплавильного виробництва R-EAF scrap based була б ціна €50–55/МВт·год як до енергетичної кризи. Восанне близько цього рівня електроенергія в Німеччині коштувала дуже давно.

Ось чому для декарбонізації європейської Єврометалургії головним стало питання дешевої електроенергії.

Генеральний директор ArcelorMittal Poland Войцех Кошута наприкінці квітня заявив про готовність компанії до масштабного переведення комбінату в Домброві-Гурничі з BF-BOF на R-EAF scrap based.

За його словами, для цього потрібні гарантії конкурентоспроможних цін на електроенергію. Зрозуміло, що ринок таких гарантій надати не може. Це може зробити лише уряд. У цьому випадку – Польщі.

Йому необхідно ухвалювати відповідні регуляторні рішення. Але поки влада ані в Варшаві, ані в інших європейських столицях не поспішає йти назустріч запитам сталеливарної промисловості.

У зв'язку з цим найбільший чеський виробник Trinecke zelezarne Group AS наприкінці квітня відклав раніше затверджені основні проекти з декарбонізації виробництва.

Поки мінімум на 2 роки. Йдеться про будівництво електродугових печей і супутньої інфраструктури на комбінаті у Тршинці.

Варто зазначити, що буквально напередодні, у березні, уряд Чехії пообіцяв компанії надати підтримку.

Сторони навіть підписали відповідний меморандум. Але, очевидно, далі за декларацію намірів чеська влада не пішла. Звідси й пауза у «зеленій» трансформації.

І не лише Trinecke zelezarne. Усієї європейської металургії.

Вочевидь, процес зрушить із місця за одночасного дотримання трьох умов: доступної електроенергії, економічно доцільних технологій із виробництва водню та державних інвестицій, тому що власними коштами компанії не потягнуть такі проекти.

## Вартість електроенергії у Німеччині\*



# €200–300/т

складали цінові премії для «зеленої» сталі в ЄС у середині квітня 2025 р.

# Перехід до «зеленої» сталі в Європі: що пішло не так?

Вочевидь, Україні з низки причин нема сенсу сліпо копіювати європейську модель декарбонізації.

Кожен має свій оптимальний варіант залежно від наявних ресурсів. Євросоюз має енергію з відновлюваних джерел і металобрухт.

Плюс ширші можливості фінансування водневих технологій. Україна цього не має – всі сили та гроші після війни будуть спрямовані на відновлення інфраструктури. Натомість на відміну від ЄС, є великі запаси якісної залізної руди, готової до збагачення.

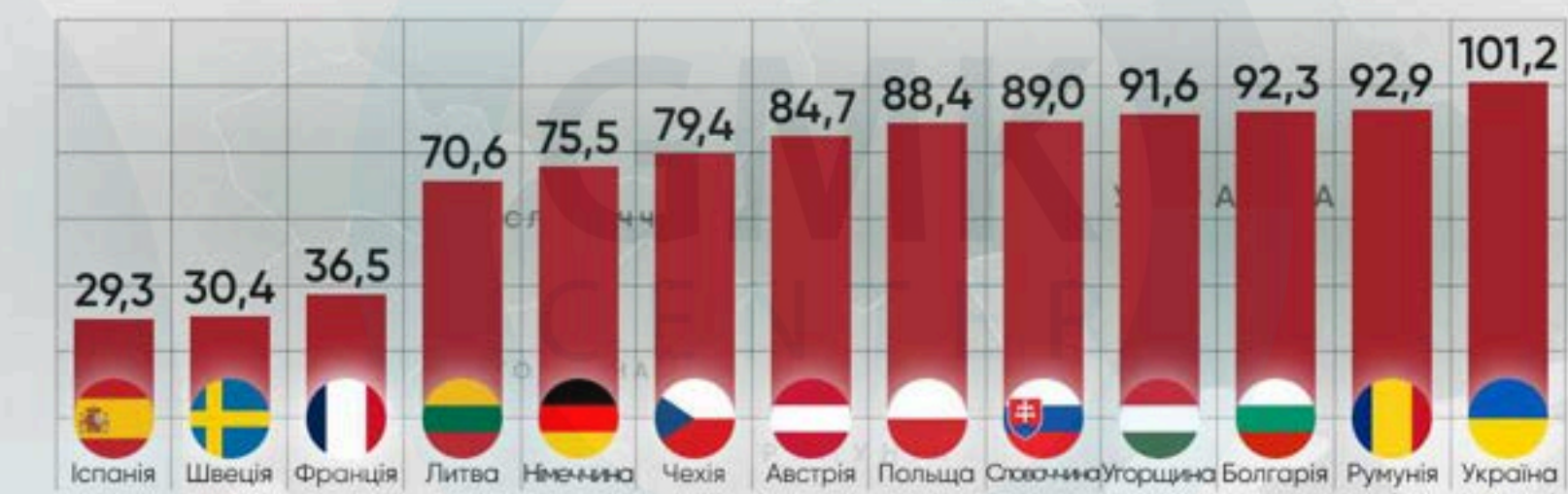
Отже, є перспектива налагодити виробництво DRI на природному газі й виробляти безвуглецеву сталь за методом DRI-EAF, використовуючи вуглецево-нейтральну атомну енергію.

У країні працюють три АЕС і є робочі варіанти щодо подальшого збільшення їхніх потужностей.

Для цього галузі потрібні субсидії на рівні європейських і доступні ціни на електроенергію і природний газ.

«Без доступної та дешевої електроенергії у сталевій промисловості Європи й України немає майбутнього», – підсумував Станіслав Зінченко.

## Середні ціни на електроенергію в Європі (1-15 квітня), €/МВт·год



Дані: Ember, euenergy.live, www.oree.com.ua, розрахунки GMK Center



## Виробники сталі призупиняють проекти та переносять строки, посилячись на ринкові обставини та регуляторну невизначеність

Великі металургійні компанії відтермінують плани «зеленої» трансформації, прагнучи більшої визначеності зокрема щодо кроків блоку стосовно захисту галузі та ринку.

### Статус «Відтерміновано»

У вересні поточного року німецький виробник сталі Salzgitter оголосив про рішення на 3 роки відтермінувати подальші етапи реалізації масштабного «зеленого» проекту Salcos, мета якого – скорочення викидів CO<sub>2</sub> у виробництві сталі завдяки використанню водню. Компанія обґрунтувала рішення повільнішим, ніж очікувалося, розвитком ринку водню та відсутністю регуляторних змін, які обіцяв уряд.

Загальна вартість проекту Salcos – приблизно €2,5 млрд (€1 млрд – державна підтримка). Його першу фазу вже реалізують.

Вона передбачає запуск електролізера потужністю 100 мВт, будівництво установки прямого відновлення та електродугової печі. Але Salzgitter переніс наступні етапи щонайменше до 2028–2029 років, хоча раніше інвестиційне рішення планували на 2026 рік.

Salzgitter – не перша велика компанія, яка ставить на паузу плани з декарбонізації виробництва сталі.

У червні 2025 року ArcelorMittal скасував проект EAF-DRI, спрямований на декарбонізацію підприємств у Бремені й Айзенхюттенштадті.

Контракт з урядом Німеччини передбачав державну допомогу у розмірі €1,3 млрд і був прив'язаний до початку будівельних робіт до червня поточного року. Оголошуючи про своє рішення, ArcelorMittal послався на ринкову ситуацію та економічну нежиттєздатність виробництва «зеленої» сталі.

Раніше, у листопаді 2024 року, компанія відклала «зелені» інвестиційні рішення в Європі через несприятливі політичні та ринкові обставини, енергетичні витрати.

Тоді йшлося про DRI- завод для кластера Хіхон (Іспанія) загальною вартістю приблизно в €1 млрд (€450 млн виділяв уряд), а також призупинення декарбонізації підприємства у Дюнкерку (Франція).

Зокрема, у Дюнкерку мала бути побудована установка прямого відновлення заліза потужністю 2,5 млн т на рік і дві EAF.

Утім пізніше, у травні 2025 року ArcelorMittal підтвердив плани інвестувати у першу електродугову піч активу (вартість – €1,2 млрд).

У компанії висловлювали впевненість, що до кінця року будуть створені всі умови для відновлення плану декарбонізації.

### Недоступний водень

Найбільший виробник сталі Німеччини Thyssenkrupp AG наприкінці березня 2025 року на невизначений термін відклав тендер на «зелений» водень для свого заводу H2 DRI в Дуйсбурзі (2,5 млн т/рік) – його було оголошено в лютому 2024 року.

Як зауважили в компанії, запропонована ціна стала набагато вищою за очікувану, а водневий сектор розвивається повільно. Втім, після скасування німецького проекту ArcelorMittal Thyssenkrupp у червні поточного року підтвердив плани продовжити будівництво заводу із виробництва «зеленої» сталі у Дуйсбургу (вартість – €3,5 млрд).

Однак у компанії зазначили, що успіх «зеленої» трансформації можливий за економічно життєздатних умов, доступної водневої інфраструктури та конкурентних (доступних) цін на енергоносії.

### Потреба у державній підтримці

Třinecké železářny Group, найбільший виробник сталі в Чехії, наприкінці квітня 2025 року оголосив про перенесення дати завершення найбільшої в історії заводу інвестиції, пов'язаної з процесом декарбонізації. Компанія закінчить будівництво EAF та інфраструктури не раніше 2030 року замість оголошеного 2028-го.

До цього часу проводили активні переговори з урядом Чехії та ЄС, щоб забезпечити належну підтримку проекту. За даними публічних джерел, отримання державної підтримки проекту малоімовірно. Італія ж обговорює фантастичні проекти щодо Acciaierie d'Italia (ADI) в Таранто.

Там планують побудувати три EAF (загальна потужність – 6 млн т/рік). Проте історія пошуку нового власника активів ще не закінчена і скоріше за все закінчиться катастрофою. Тому ці плани декарбонізації також не є реальними й відкладаються.

**€1 МЛРД**  
становитиме державна підтримка проекту Salzgitter

## Початок шляху

Проте є й гарні новини. Наприкінці вересня 2025 року Tata Steel нарешті підписала з урядом Нідерландів необов'язковий лист про наміри щодо скорочення викидів. На підприємстві в Еймейдені компанія, серед іншого, має на меті вивести з експлуатації доменну піч № 7, побудувати установку прямого відновлення заліза, яка спочатку працюватиме на природному газі, а також електродугові печі зі збільшеним споживанням брухту.

Уряд Нідерландів погодився виділити € 2 млрд на підтримку проекту декарбонізації Tata Steel Netherlands. Окрім того, TSN подала заявку до Інноваційного фонду ЄС на €0,3 млрд.

Втім, сторони ще працюватимуть над обов'язковою угодою в найближчі місяці, зокрема після виборів і формування нового уряду.

У процесі її укладення рада директорів Tata Steel розгляне остаточне інвестиційне рішення.

План декарбонізації для нідерландського заводу, який презентували у 2023 році, розрахований до 2029 року. Шведська SAAB у вересні 2025 року оголосила про офіційний початок будівництва свого нового «зеленого» сталеливарного заводу у Лулео (вартість – €4,5 млрд).

Він замінить поточне виробництво на основі доменної печі та матиме річну потужність у 2,5 млн т. Підприємство обладнають двома EAF, системою вдосконаленої вторинної металургії, інтегрованим станом гарячої прокатки

та комплексом холодної прокатки. Початок експлуатації оголошено на кінець 2029 року – у червні 2025 року компанія відклала його на 12 місяців.

Причиною стало те, що підсилення мережі електропередач для нового підприємства не буде здійснено за планом.

Водночас шведський стартап Stegra шукає альтернативні варіанти фінансування після того, як йому було відмовлено у раніше схваленому гранті – його частини через фонд Climate Leap.

Причиною відмови, за твердженням компанії, є те, що її діяльність генеруватиме певні викиди під час використання газу, який необхідний, доки не буде достатньо заміників. Тож компанія переглядає плани щодо фінансування.

Stegra будує в Бодені масштабний завод із виробництва екологічно чистої сталі. Він складатиметься з електролізера, установки прямого відновлення, двох електродугових печей, а також цехів холодної прокатки та фінішної обробки.

Очікується, що виробництво тут розпочнуть у другій половині 2026 року, завод має досягти повної потужності у 2028-му.

Voestalpine у вересні поточного року дала старт найбільшому кліматичному проекту Австрії.

У Лінці стартувало будівництво Hy4Smelt – першого у світі демонстраційного металургійного заводу промислового масштабу, який поєднає водневу технологію прямого відновлення з електродуговою піччю.

Проект реалізують на потужностях Voestalpine у співпраці з Primetals Technologies і Rio Tinto. Запуск виробництва заплановано на кінець 2027 року, завершення програми – у 2030-му. Проект частково фінансують австрійські та європейські інституції.

## Плани та реалії

Переглядаючи плани із декарбонізації, компанії посилаються на слабкий ринок сталі, високі ціни на енергоносії, повільніший, аніж очікувалося, розвиток водневої інфраструктури.

Важливими питаннями для металургів залишаються формат нових захисних заходів ЄС (чинні завершують дію в липні 2026 року) та механізму транскордонного вуглецевого коригування (CBAM), який буде остаточно впроваджено із початку наступного року. Крім того, залишається невизначеність із власне ринком «зеленої» сталі.

Навіть попри підтримку «зелених» проектів із боку урядів, металурги підкреслюють, що вони не в змозі самостійно покрити витрати на перехід на низьковуглецеві технології. «Будемо чесні й відверті. Часи «зеленої» сталеві істерії минають. Настає час технологічних, інвестиційних і державних рішень.

Галузі потрібні доступні «розумні» технології, а не водневі міфи. Галузі потрібні інвестиції, галузі потрібна довгострокова зрозуміла державна політика. Неможливо перебудувати великий сектор за 3–5 років на базі відсутнього водню та «зелених» премій. Різні компанії будуть виробляти «зелену» сталь порізно у різних країнах – хтось на базі брухту, хтось на базі водню, спираючись на конкурентні переваги окремої держави та регіону», – резюмував CEO GMK Center Станіслав Зінченко.



# Турецький рецепт «зеленої» сталі

## Сталеве виробництво в Туреччині сьогодні одне з найбільш екологічно чистих у світі

Становлення сучасної турецької металургії відбувалося у 2000-х роках у межах індустріалізації економіки. У влади було два сценарії. Перший – створювати великі інтегровані комбінати BF-BOF.

Другий – будувати заводи EAF scrap based. Обидва варіанти мали один спільний недолік – відсутність власної сировинної бази.

У першому випадку довелося б імпортувати залізну руду, у другому – брухт. Тому тут не було вибору «меншого зла».

Поставивши на розвиток EAF-металургії, уряд зробив дуже далекоглядний крок. Середній рівень викидів CO<sub>2</sub> на 1 т готової сталі в Туреччині становить приблизно 1 т.

По суті, місцева сталь уже «зелена», тобто не вимагає таких великих інвестицій у декарбонізацію, як у багатьох країнах.

## Базис для декарбонізації

Електросталеплавильне виробництво переважало в галузевій структурі ще до індустріалізації.

У 2000 році на EAF припадало 69% усіх потужностей, які тоді становили 19,8 млн т. У 2022 році, коли вони сягнули 54,6 млн т, частка EAF зросла до 75%.

Сьогодні турецька металургія – це 27 EAF- заводів та 11 IF-заводів із сумарною продуктивністю 41 млн т і три великі BF-BOF комбінати з 17,8 млн т на рік.

Саме ці три підприємства генерують більшу частину галузевих викидів, хоча їхня питома вага в загальному обсязі виплавки сталі не настільки значна.

У 2021 році, коли турецька виплавка сталі сягнула рекордного значення 40,4 млн т, парникові викиди від BF-BOF становили 25 млн т, від EAF-IF – 15 млн т. Тоді як загальний обсяг виробництва у BF-BOF комбінатів був 11,5 млн т, у EAF-IF – 28,9 млн т.

Разом в електрометалургійних заводів виходить в середньому 0,52 т CO<sub>2</sub> на кожну т сталі, у інтегрованих комбінатів – 2,17 т. Це не так і багато. Наприклад, в Індії показник 2,54 т. Але це все одно більше середньосвітового значення 1,92 т.

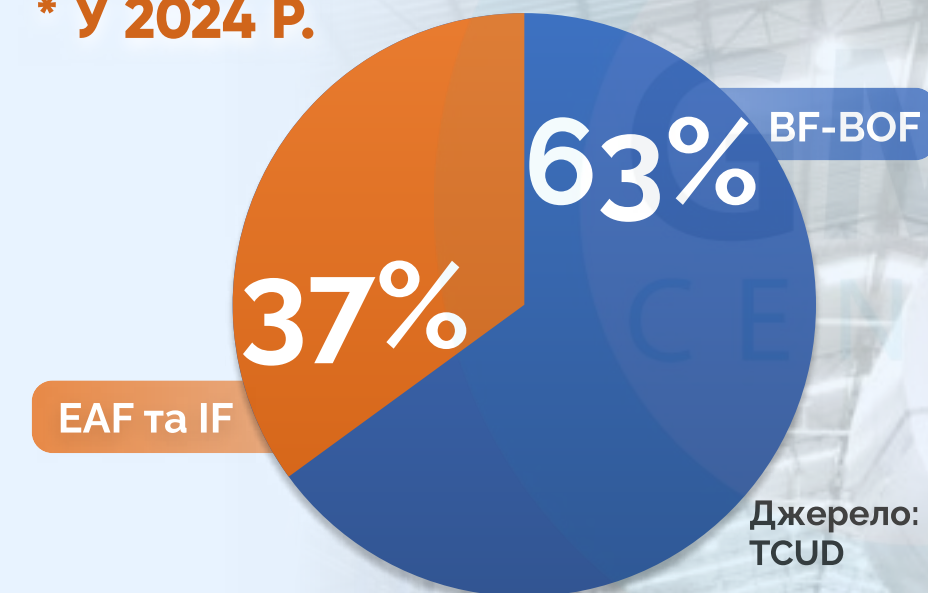
Тобто декарбонізація турецької металургії полягатиме насамперед у скороченні викидів комбінатів Erdemir та Isdemir компанії OYAK Mining Metallurgy Group і комбінату Kardemir компанії Kardemir Karabuk Demir Celik Sanayi ve Ticaret A.S.

Вони не можуть розраховувати на державне субсидування, як у ЄС, а тільки на власні інвестиційні можливості.

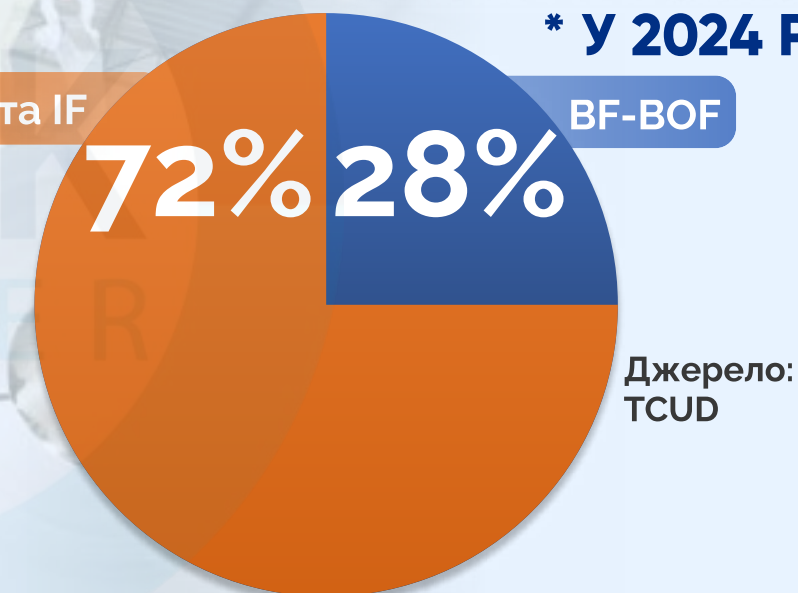
Тому дорожні карти компаній не передбачають перебудови наявних потужностей – тільки підвищення енергоефективності та будівництво нових умовно «зелених» електросталеплавильних печей EAF. Будівництво EAF загальною потужністю 1,4 млн т заплановано на комбінаті Erdemir і на 2,5 млн т на Isdemir. На додаток, а не на заміну BF-BOF потужностей.

Причому нові EAF будуть працювати на DRI. Спочатку його будуть отримувати з використанням природного газу, надалі (приблизно після 2040 року), коли сформуються необхідні ринкові умови, – на основі водневих технологій.

## РОЗПОДІЛ ВИКИДІВ CO<sub>2</sub> У МЕТАЛУРГІЇ ТУРЕЧЧИНИ\* \* У 2024 Р.



## СТРУКТУРА СТАЛЕВОГО ВИРОБНИЦТВА ТУРЕЧЧИНИ\* \* У 2024 Р.



**75%**  
потужностей металургії  
Туреччини в 2024 р. припадало  
на EAF

# Турецький рецепт «зеленої» сталі

Серед великих проєктів із поліпшення можна виокремити:

- Запуск нової доменної печі на комбінаті İsdemir потужністю 2,8 млн т на рік. Основна особливість – перетворення збільшеного обсягу доменного газу в електроенергію.
- Запуск нової коксової батареї № 4 зі знизеними обсягами викидів на заміну старих батарей № 1 і № 2 на комбінаті Erdemir.
- Будівництво сонячних електростанцій загальною потужністю 2,04 ГВт компанією OYAK Mining Metallurgy. Об'єкти розташовані у 12 провінціях і забезпечуватимуть чистою енергією роботу комбінатів İsdemir та Erdemir.

Таким чином, металургійні комбінати İsdemir та Erdemir мають намір скоротити викиди CO<sub>2</sub> на 25% від рівня 2022 року до кінця 2030 року і на 40% до 2040 року, заявив генеральний директор Erdemir Ніязі Акен Пекер.

Загальний обсяг інвестицій OYAK у «зелену» трансформацію у 2025–2030 роках становитиме \$3,2 млрд.

Із цієї суми 70–80% становитимуть закордонні джерела фінансування.

Також можна відзначити інвестиційну програму Kardemir на 2025–2029 роки з обсягом \$1,5 млрд.

У її межах значну частину енергоспоживання переводять на відновлювані джерела енергії (ВДЕ)

Саме ці три підприємства генерують більшу частину галузевих викидів, хоча їхня питома вага в загальному обсязі виплавки сталі не настільки значна.

У 2021 році, коли турецька виплавка сталі сягнула рекордного значення 40,4 млн т, парникові викиди від BF-BOF становили 25 млн т, від EAF-IF – 15 млн т. Тоді як загальний обсяг виробництва у BF-BOF комбінатів був 11,5 млн т, у EAF-IF – 28,9 млн т.

Разом в електрометалургійних заводів виходить в середньому 0,52 т CO<sub>2</sub> на кожен т сталі, у інтегрованих комбінатів – 2,17 т. Це не так і багато. Наприклад, в Індії показник 2,54 т. Але це все одно більше середньосвітового значення 1,92 т.

Тобто декарбонізація турецької металургії полягатиме насамперед у скороченні викидів комбінатів Erdemir та İsdemir компанії OYAK Mining Metallurgy Group і комбінату Kardemir компанії Kardemir Karabuk Demir Celik Sanayi ve Ticaret A.S.

Зокрема, до кінця 2026 року потужність ВДЕ в компанії сягне 250 МВт.

У 2024 році вона запустила в експлуатацію СЕС потужністю 4 МВт і ВЕС на 24 МВт. Тому саме в найближчі 1,5 року планує здійснити величезний ривок.

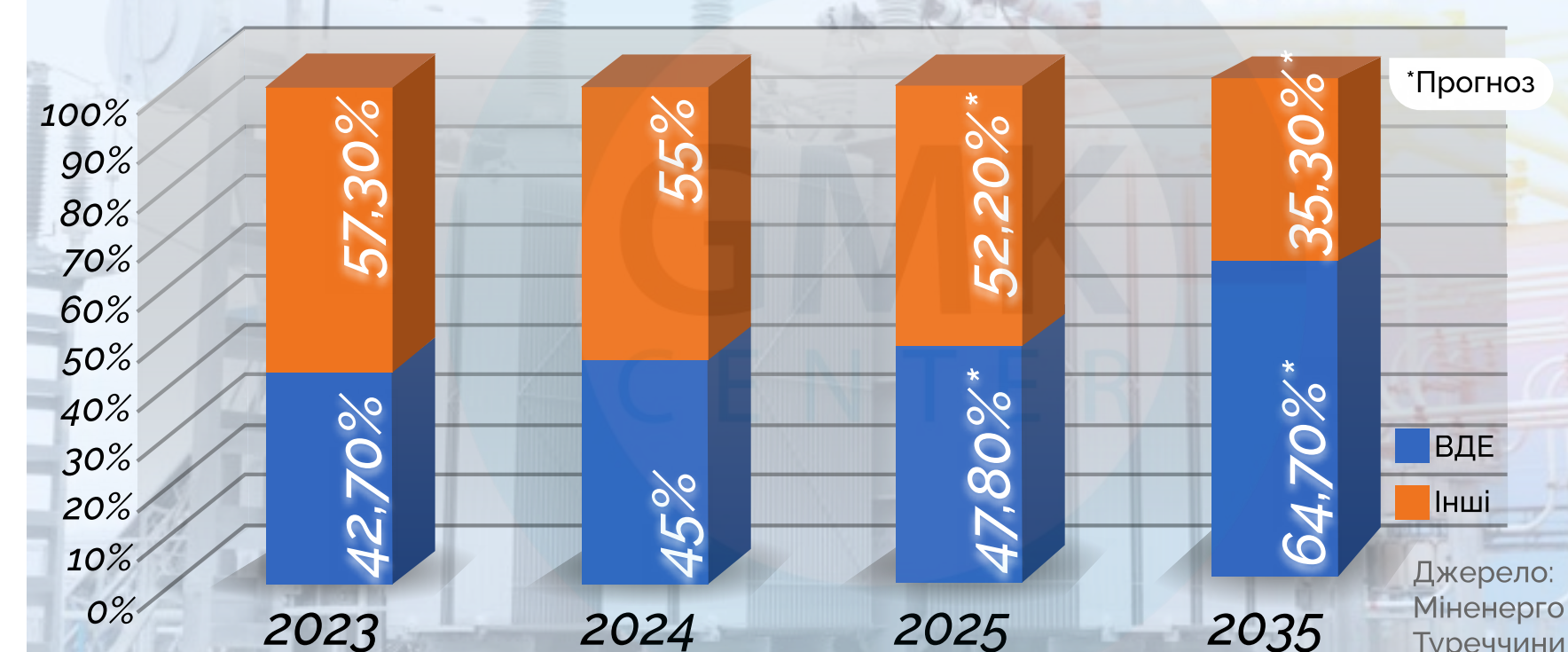
Завдяки модернізації з акцентом на енергоефективність викиди CO<sub>2</sub> у Kardemir за 2017–2021 роки вже знизилися із 3,4 до 2,3 т на 1 т готової сталі. Наприкінці минулого року компанія ввела в експлуатацію комплексну систему моніторингу енергоспоживання, що є новим кроком у цьому напрямі.

До 2030 року Kardemir скоротить викиди ще на 15% до поточного рівня, за словами голови ради директорів Ісмаїла Деміра.

Турецькі заводи EAF завдяки технологічним перевагам розвиваються швидшими темпами. Наприклад, компанія Diler Iron&Steel Industry&Trade Inc.

**\$1 МЛРД**  
на рік необхідно для повної декарбонізації турецької металургії до 2053 р.

ЧАСТКА ВДЕ У ВИРОБНИЦТВІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ТУРЕЧЧИНИ\*



# Турецький рецепт «зеленої» сталі

із заводом у Диловаші потужністю 1,5 млн т на рік уже знизилася викиди CO<sub>2</sub> на 15 тис. т завдяки запуску СЕС потужністю 25 МВт.

Генеральний директор Фатіх Гекче у квітні цього року заявив про плани продовжити інвестиції у ВДЕ.

За рахунок цього компанія до 2030 року скоротить викиди категорії Scope 2 на 98% від поточного рівня і з 2035 року перейде на безвिकидне виробництво сталі.

Для повної декарбонізації всієї металургії необхідні галузеві інвестиції в середньому \$1 млрд на рік до 2053 року, за даними генерального секретаря Турецької асоціації виробників сталі (TCUD) Вейсела Яяна.

Це відповідає можливостям місцевих гравців.

## 2053 Net Zero

Важливим драйвером декарбонізації турецької металургії стане запуск ринку парникових квот. Закон про клімат, який передбачає створення Національної системи торгівлі викидами (ETS TR), меджліс ухвалив 2 липня.

Відповідно до документа дозволу на викиди для промислових підприємств, включно з металургійними, будуть продавати на Стамбульській енергетичній біржі (EXIST).

Законом передбачені й санкції. Наприклад, несвоєчасне надання звітності щодо викидів до Міністерства навколишнього середовища, урбанізації та зміни клімату тягне за собою штраф у розмірі від \$12,5 тис. до \$125 тис.

Водночас загальна сума штрафів за звітний період не може перевищувати \$1,25 млн. Окрім того, порушникам загрожує блокування банківських рахунків.

Закон про клімат було ухвалено в межах загальнонаціональної програми 2053 Net Zero.

Відповідно до неї до 2053 року турецька економіка має досягти нульової парникової емісії.

Це здається реалістичним з урахуванням темпів розвитку альтернативної енергетики. За даними Міненерго Туреччини, в поточному році встановлена потужність ГЕС має зрости на 200 мВт, до 32,395 ГВт, СЕС – на 3,844 ГВт, до 22,6 ГВт, ВЕС – на 2,431 ГВт, до 14,8 ГВт, ГеоЕС – на 2,796 ГВт, до 4,487 ГВт.

Відповідно збільшиться частка ВДЕ в загальному енергетичному потенціалі.

Збільшення ВДЕ в загальному обсязі виробництва електроенергії закріплено в Дорожній карті з відновлюваної енергетики до 2035 року, розробленій Міненерго і затвердженій урядом Туреччини.

Це потребуватиме \$28 млрд. Реалізація Дорожньої карти поряд із розвитком атомної енергетики дасть можливість повністю перейти на екологічно чисту енергію не тільки ISP, але і всім заводам EAF-IF.

Як відомо, атомна енергетика також є вуглецево-нейтральною. Тому її розвитку влада надає великого значення.

До кінця поточного року в тестовому режимі має запрацювати енергоблок № 1 потужністю 1,2 ГВт на АЕС «Аккую».

## Загалом вона складатиметься з чотирьох таких енергоблоків.

Крім того, Туреччина веде переговори з Росією, Китаєм, Південною Кореєю і Канадою про будівництво ще двох АЕС «Синоп» і «Фракія», в також малих модульних реакторів (SMR). За рахунок цього встановлена потужність АЕС має зрости до 7,2 ГВт до 2035 року і до 20 ГВт до 2053 року.

Після чого частка атомної енергетики у виробництві електроенергії сягне 30%. Це створить базис для промислового виробництва «зеленого» водню, який будуть використовувати в доменних печах ISP замість коксу.

Стратегія і дорожня карта у сфері водневих технологій, ухвалена у 2023 році, передбачає до 2030 року будівництво 2 ГВт потужностей для електролізу «зеленого» H<sub>2</sub>. До 2035 року їх обсяг має збільшитися до 5 ГВт, до 2053 року – до 75 ГВт.

Мабуть, це найвужче місце в турецькій стратегії декарбонізації. Зараз немає навіть пілотних чинних проєктів, а щоб вийти на запланований показник, потрібно вводити в експлуатацію по 1 ГВт електролізерів на рік.

Також треба врахувати, що для виконання 2053 Net Zero пріоритетним є впровадження водневих технологій не у сталеливарній, а в цементній промисловості. Там річні викиди CO<sub>2</sub> становлять 49 млн т, тобто на 22% вище, ніж у металургії.

Вартість виробництва H<sub>2</sub> відповідно до 2053 Net Zero до 2035 року має знизитися до \$2,4/кг, до 2053 року – до \$1,2/кг. Але, очевидно, офіційна Анкара не зможе за прикладом Брюсселя субсидувати це виробництво, тому доступність майбутнього водневого ресурсу зараз під питанням.

Тобто можна сказати, що турецька металургія просунулася далеко вперед на шляху до безвуглецевої сталі. Але в середньостроковій перспективі на цьому шляху є серйозна перешкода.



# Японська «зелена» сталь

## Декарбонізація галузі отримує потужну фінансову підтримку від уряду

Особливість японського підходу до «зеленої» трансформації металургії полягає в розумінні однієї простої істини, що це не головний біль самих компаній, це загальнонаціональне завдання.

Звідси й безпрецедентні податкові стимули учасникам ринку, навіть попри їхні величезні власні фінансові можливості.

## EAF-перехід і державна політика

Японія – третій за величиною сталевий виробник у світі, водночас приблизно третина продукції експортується.

Тому внесок місцевих компаній у декарбонізацію глобальної галузі оцінюють дуже високо.

Японська металургія сьогодні – це насамперед 24 доменні печі у 12 містах загальною потужністю 83 млн т.

Потужність електросталеплавильних печей значно поступається, налічуючи 37 млн т. Таким чином, технологічний маршрут BF-BOF переважає над NG-EAF-scrap based.

На металургію припадає приблизно 40% викидів CO<sub>2</sub> японської промисловості, навіть незважаючи на те, що доменне виробництво в Японії вважають найенергоєфективнішим у світі.

Це яскрава ілюстрація того факту, що можливості найкращих доступних технологій (НДТ) мають свої межі й не є вичерпною відповіддю на виклики «зеленої» трансформації, вимагаючи більш радикальних рішень.

Насамперед переходу на нові технології сталевий виплавки.

Тому, на відміну від більшості країн, не НДТ слугують головним драйвером перехідного періоду в японській металургії, який триватиме до 2030 року і передбачає скорочення викидів CO<sub>2</sub> на 30% до базового рівня 2013 року, коли вони сягали 200 млн т. Основний ефект буде отримано за рахунок розвитку електросталеплавильного виробництва.

Найбільший місцевий гравець Nippon Steel Corp. у червні 2025 року анонсував інвестиції у розмірі \$6,05 млрд у будівництво EAF на комбінаті

Kyushu Works, а також у розширення та реконструкцію двох чинних EAF. Введення об'єктів в експлуатацію заплановано на 2029 ФР (завершиться 31 березня 2030 року), їхня загальна потужність становитиме 2,9 млн т сталі на рік.

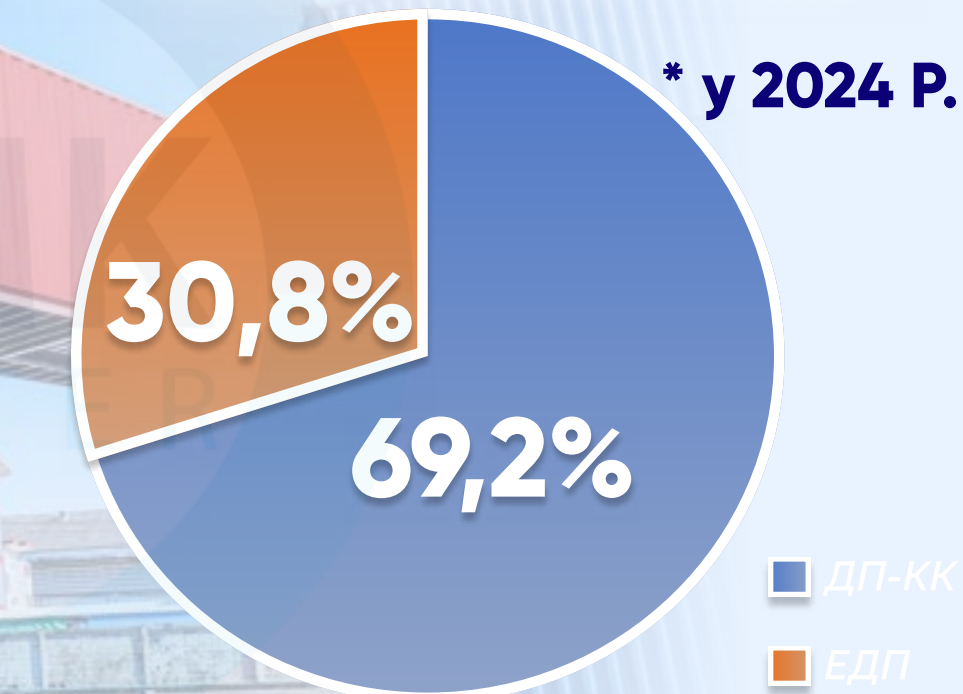
Другий за величиною виробник JFE Steel Corp. у квітні 2025 року оголосив про будівництво EAF на 2 млн т на рік на заводі West Japan Works у Курашикі. Вартість об'єкта \$2,2 млрд. Його комерційний запуск має відбутися у I кварталі 2028 ФР.

Важливо наголосити на високій частці державної участі в цих проектах.

## ПРОГНОЗ ІМПОРТУ H<sub>2</sub> ДО ЯПОНІЇ\*



## СТРУКТУРА СТАЛЕВОГО ВИРОБНИЦТВА У ЯПОНІЇ\*



Джерело: МЕТІ

**40%**  
викидів CO<sub>2</sub> японської промисловості припадає на металургію

# Японська «зелена» сталь

Для Nippon Steel – \$1,75 млрд, для JFE Steel – \$690 млн. Фінансування надаватимуть у межах закону про сприяння “зеленій” трансформації GX.

Але ні, уряд не витратить гроші японських платників податків на EAF.

Кошти виділяють у вигляді податкових кредитів. За кожен тону “зеленої” сталі, отриманої на нових об’єктах, компанії отримають \$149 вирахування з податкових зобов’язань при дотриманні низки умов:

- Перехід із BF-BOF на EAF.
- Виробництво електросталі з якістю не гіршою, ніж раніше за доменно-конвертерного способу.
- Вартість інвестиційних проєктів не менше ніж \$81 млн, потужність нових EAF не менше ніж 200 тис. т на рік.

Очевидно, що будь-яка навіть не найбільша компанія легко виконує ці критерії в межах “зеленої” трансформації.

Японські ЗМІ назвали цю ініціативу досить щедрою пропозицією уряду. І з ними можна погодитися. Проте є й скептики, які все одно не проявляють рішучості.

Третій за величиною сталевий виробник Kobe Steel Ltd. у травні 2025 року оголосив про секвестр інвестиційного бюджету на декарбонізацію у 2024–2026 роках із \$2,09 до \$1,05 млрд.

Як пояснили в компанії, таке рішення ухвалене правлінням на тлі стурбованості акціонерів, які вважають, що вплив “зелених” перетворень і пов’язаних із цим витрат на конкурентність майбутньої продукції недостатньо вивчено.

Водночас Kobe Steel наголосила на прихильності до колишньої мети зі скорочення викидів CO<sub>2</sub> на 30% до 2030 року, але поки це єдиний великий гравець, який не розпочав EAF-переходу. Компанія все ще оцінює можливість будівництва нової електропечі на заміну доменної в Какогаве. Старт проєкту планують уже після 2030 року.

Поки ж зусилля Kobe Steel зосереджені на збільшенні частки брухту в сировині для виплавки чавуну, на використанні біомаси для виробництва електроенергії, подальшому підвищенні енергоефективності.

Тобто на НДТ, які, як зазначалося, навряд чи дадуть можливість досягти скорочення парникової емісії на 30%.

Цікаво, що найамбітніші цілі ставить перед собою Tokyo Steel, найбільший виробник електросталі, у якого викиди і так менші, ніж у перерахованих вище компаній (приблизно 1,7 т на 1 т готової сталі, зокрема Score 1 для HRC – 0,683 т, для HRP – 0,622 т).

Проте Tokyo Steel має намір до 2030 року знизити парникову емісію на 40% порівняно із 2013 роком. Досягти цього планують завдяки збільшенню використання ВДЕ до 40%. До речі, Tokyo Steel та інші електросталеплавильні компанії виявилися ущемленими в межах закону про лідерство GX, що передбачає пріоритетність державних закупівель екологічно чистої сталі.

У ньому міститься посилання на інший документ, у якому такою визначається збалансована сталь, тобто продукція зі зниженим рівнем викидів, вироблена традиційним способом BF-BOF.

І не згадується сталь з EAF.

Зрозуміло, що японські чиновники насамперед хотіли надати стимули для декарбонізації BF-BOF потужностей, які дають найбільші викиди та потребують величезних інвестицій, але в такий спосіб дискримінації зазнали компанії, які вже випускають “зелену” сталь без додаткових витрат.

Аналогічно з ухваленим раніше законом про сприяння екологічно чистим закупівлям. У ньому також прямо не згадують електросталь, але йдеться про збалансовану сталь. Обговорення відповідної поправки до цього документа тривають.

Важливим стимулом, який може прискорити EAF-перехід, стане запровадження плати за парникову емісію. Ринку торгівлі квотами на викиди CO<sub>2</sub> має запрацювати з 2026 року. Деталі японської ВТВ усе ще перебувають на стадії консультацій та офіційно не затверджені.

## Японські нюанси

Важлива особливість японської сталевий декарбонізації – тісна кооперація учасників ринку. На відміну, наприклад, від Південної Кореї, де кожен іде своїм шляхом у розробленні технологічних рішень.

У 2022 році Nippon Steel, JFE Steel і Kobe Steel спільно з Японським центром досліджень і розробок у галузі металів сформували Hydrogen Steelmaking Consortium.

Який за підтримки Фонду зелених інновацій NEDO розпочав проєкт Super Course50.



# \$149/т

вирахування з податкових зобов’язань можуть отримати японські металурги

Який за підтримки Фонду зелених інновацій NEDO розпочав проєкт Super Course50.

Його мета – скорочення на 50% викидів CO<sub>2</sub> в доменному виробництві завдяки використанню нагрітого зовнішнього H<sub>2</sub> спільно з коксом.

У межах Super Course50 на заводі JFE Steel у Тібі побудована невелика експериментальна доменна піч.

Наразі на об'єкті вдалося домогтися скорочення викидів на 33% порівняно зі звичайними агрегатами. Дослідження тривають.

З цього випливає, що японські компанії не планують повного переходу на EAF до 2050 року. Вони пояснюють це неможливістю виробляти в електропечах окремі види високомаржинальної сталі, включно з електротехнічною.

Крім того, стратегія полягає в максимальному використанні наявного обладнання.

Тоді як EAF потребуватиме будівництва нового по всьому технологічному ланцюгу. Водночас, як наголосив виконавчий директор Nippon Steel з екології Хідеокі Сузукі, застосування H<sub>2</sub> в доменних печах не передбачає повної відмови від коксу.

Тому обсяг парникової емісії, що залишається, планують нейтралізувати за допомогою CCUS.

Nippon Steel веде відповідні розробки, і все зводиться до ціни питання. Зараз компанії вдалося домогтися \$149/т CO<sub>2</sub>.

Це найкраще досягнення японських інженерів, але очевидно, що це занадто великі витрати в перерахунку на 1 т готової сталі.

Тому говорити про готовність до комерційного використання зарано.

За словами Сузукі, багато що залежить від технічних рішень у суміжних галузях, насамперед у частині транспортування і зберігання вуглецю. І прогнозувати прогрес дуже складно.

Зі свого боку JFE Steel вивчає можливість захоронення вуглецю зі своїх підприємств у Малайзії.

Ще один цікавий нюанс. Японія – один із провідних постачальників сталевих брухту на глобальний ринок. Проте в забезпеченні сировиною майбутніх EAF-потужностей місцеві компанії роблять ставку не на цей ресурс, а на HBI/DRI.

- Nippon Steel розробляє технологію отримання DRI за допомогою H<sub>2</sub> з низькосортної залізної руди (наявні технології передбачають використання високозбагаченого матеріалу), насамперед з австралійських родовищ.

Крім того, Nippon Steel заявила про готовність пайової участі в інтегрованих зарубіжних проєктах, що передбачають видобуток залізної руди, виробництво “зеленого” H<sub>2</sub> і DRI.

- JFE Steel у своїй Стратегії вуглецевої нейтральності також задекларувала прагнення використовувати низьковуглецевий HBI/DRI на основі водню.

У партнерстві з Emirates Steel компанія інвестувала в будівництво в ОАЕ заводу з випуску 2,5 млн т DRI на рік. За прогнозами, 50% продукції надходитиме для заводів JFE Steel у Японії.

Серед великих компаній акцент на збільшенні збирання брухту у своїй Дорожній карті робить тільки Tokyo Steel.

## “Зелені” складники: H<sub>2</sub> і ВДЕ

Ще у 2020 році в Японії запрацював перший завод із випуску “зеленого” H<sub>2</sub> потужністю 10 МВт.

Оновлений наприкінці 2024 року План енергетичної політики Японії (7-SEP) передбачає збільшення потужностей електролізу H<sub>2</sub> до 15 ГВт до 2050 року.

Виробництво “зеленого” H<sub>2</sub> має зрости до 0,3 млн т до 2030 року і до 5–10 млн т до 2050 року. Водночас значну частину ресурсу все ж імпортуватимуть.

Необхідну інфраструктуру для такого імпорту Японія вже має. Наприкінці 2021 року у порту Кобе завершилося будівництво спеціального терміналу з перевалки скрапленого H<sub>2</sub>, а в лютому 2022 року він прийняв перший вантаж з Австралії.

Одночасно витрати на поставку мають знизитися до \$2,25/кг до 2030 року і до \$1,5/кг до 2050 року. Водночас у Nippon Steel підраховали, що для широкомасштабного впровадження водневих технологій у сталевій галузі ціни мають бути не вищими за \$0,6/кг.

Зі свого боку Японська асоціація водню (JH<sub>2</sub>A) вважає, що тільки для металургії до 2050 року знадобиться 20 млн т H<sub>2</sub> на рік, а загальний попит японської економіки сягне 70 млн т. У такому разі заявлених обсягів виробництва й імпорту явно недостатньо.

Відновлювана енергетика в Японії почала розвиватися із середини 2010-х років, після 2020 року темпи введення нових потужностей значно прискорилися.



**з 2026 р.**  
має запрацювати ринок торгівлі квотами CO<sub>2</sub> в Японії

# Японська «зелена» сталь

Проте саме нинішнього прем'єра Сігеру Ісіба можна назвати «енергетичним революціонером».

Ухвалений його урядом план 7-SEP уперше офіційно задекларував чітку прихильність зниженню залежності від викопного палива, яке відіграє вирішальну роль у національній енергетиці, а ВДЕ оголошено пріоритетним ресурсом в енергополітиці Японії.

Крім того, 7-SEP зняв табу на розвиток атомної енергетики, накладене владою у 2011 році після відомої аварії на АЕС «Фукусіма».

І хоча атомна електроенергія не класифікується як «зелена», проте це вуглецево-нейтральний продукт, що сприяє декарбонізації економіки, включно з металургією.

За оцінками дослідницького центру Transition Asia, EAF-перехід у Японії потребуватиме додаткових 3 ТВт-год «зеленої» електроенергії.

Це 0,5% від загального обсягу виробництва до 2030 року і 5–7% до 2050 року для досягнення сталевий виплавки з нульовими викидами.

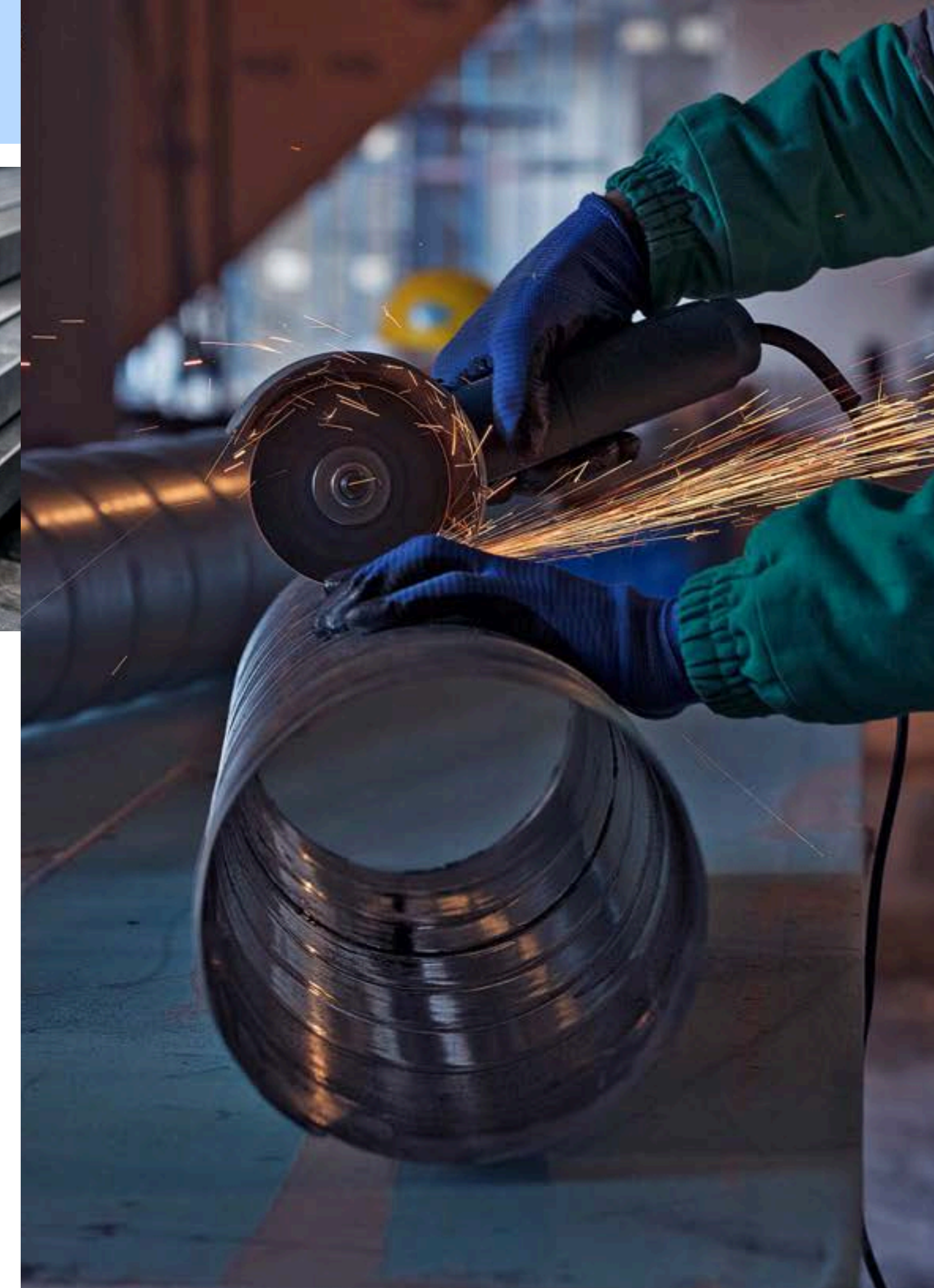
Виходячи з цього, у 2040 році на металургію має виділятися 7–8% електроенергії від усього обсягу виробництва ВДЕ. Ця мета цілком реалістична.

Таким чином, японська модель декарбонізації металургії характеризується поєднанням двох відомих сьогодні інженерних рішень.

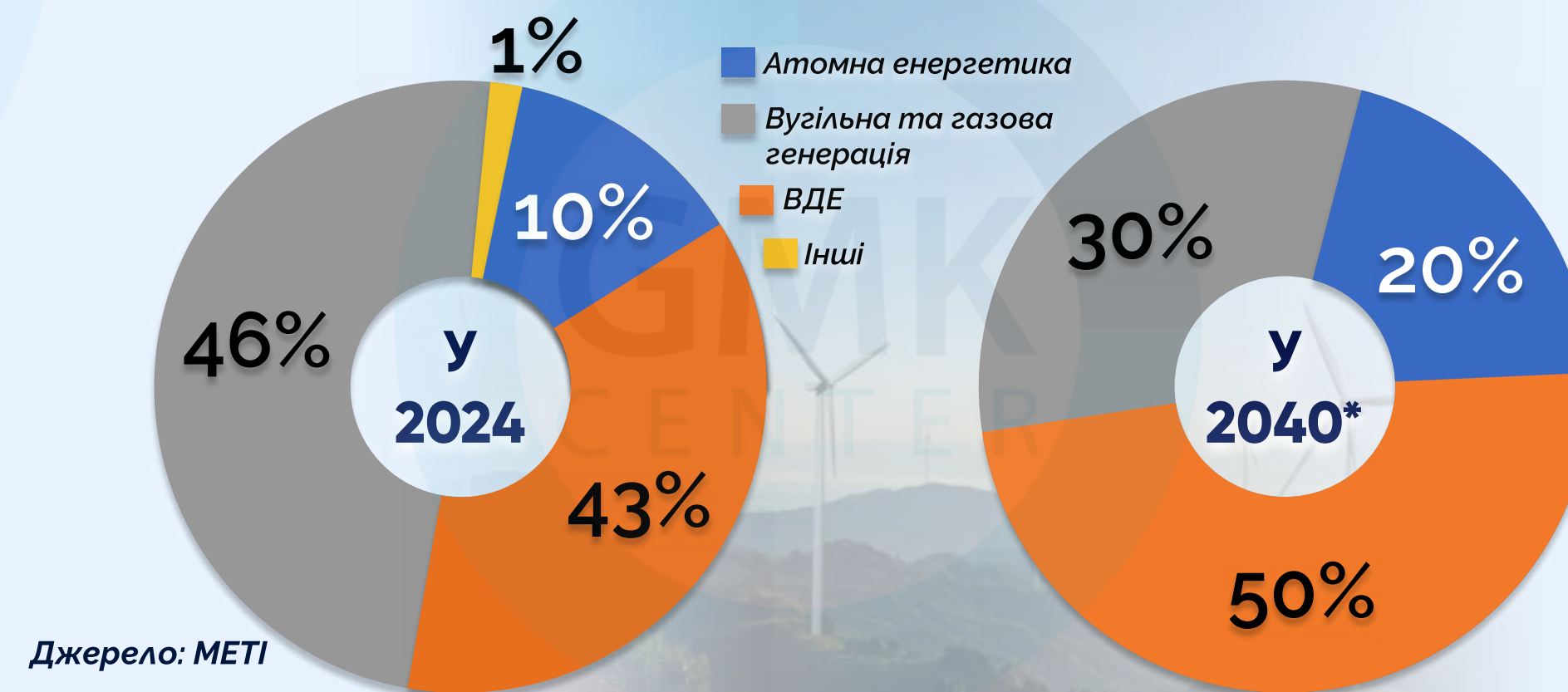
Це EAF-перехід і впровадження водневих технологій для BF-виробництва в поєднанні із CCUS.

Розумна державна політика, яка охоплює фінансову підтримку галузі, є запорукою майбутнього успіху.

Надання компаніям податкових кредитів може виявитися набагато ефективнішим інструментом, ніж субсидії та гранти від Єврокомісії для європейських металургів.



## ЕНЕРГОБАЛАНС ЯПОНІЇ У 2024–2040 РР.



Джерело: МЕТІ

\*Прогноз

# Перспективи південнокорейської «зеленої» сталі

## «Зелений» перехід галузі спирається на власні інновації та потужні інвестиційні ресурси виробників

Дорожня карта декарбонізації південнокорейської металургії передбачає досягнення вуглецевої нейтральності до 2050 року.

До цього моменту парникові викиди компаній Posco, Hyundai Steel і Dongkuk Steel мають знизитися на 95% порівняно з базовим 2018 роком.

Усі вони входять до переліку найуспішніших гравців світової сталевих галузі, роблячи ставку на випуск високомаржинальної продукції. Тому завдання виглядає цілком реалістичним з урахуванням фінансових можливостей.

## Три шляхи до однієї мети

Металургія серед головних емітентів CO<sub>2</sub> в Південній Кореї. На її частку у 2018 році припало 39% від усіх викидів національної промисловості – 372,87 млн т без урахування Scope 3. Це пояснюється значним внеском комбінатів BF-BOF у загальний обсяг сталевих виробництва.

У наступні роки частка EAF- заводів ще більше знизилася, поглиблюючи проблему. Тому галузева стратегія декарбонізації передбачає насамперед часткову заміну чинних BF-BOF потужностей на EAF.

І тут найбільші зусилля доведеться докласти Posco, найбільшому гравцеві, у якого все виплавлення сталі на BF-BOF.

Причому флагманський комбінат Posco Gwangyang у 2022 році посів перше місце у світі за обсягом викидів CO<sub>2</sub> (серед металургійних підприємств).

Набагато простіше другий за величиною компанії Hyundai Steel. Вона має у своєму розпорядженні як BF-BOF, так і EAF-потужності.

Нарешті, Dongkuk Steel, яка замикає трійку, всю сталь отримує за допомогою EAF. Відповідно, її продукція вже зараз підпадає під визначення «зеленої».

У Hyundai Steel теж непоганий показник, але це комбіновані дані. За BF-BOF він становить 2,2 тис. т, за EAF – 0,6 тис. т. Тобто реально у цього виробника частково «зелена» продукція.

Виходячи з цього стає зрозуміло, хто з південнокорейських металургів перебуває ближче до мети Net Zero 2050, а хто в ролі того, хто наздоганяє. І чому так вийшло. Відповідно, у кожного тепер своя стратегія.

## Posco: ставка на HyREX

Дорожня карта декарбонізації сталевих виробництва передбачає три етапи.

- Початковий етап до 2030 року. Основний акцент на впровадженні енергоефективності, розширенні використання більш екологічних матеріалів (брухту, DRI, HBI), що спричинить зниження частки чавуну при виплавленні сталі.
- У такий спосіб викиди CO<sub>2</sub> мають скоротитися на 20% порівняно з 2018 роком, до 6,3 млн т у вуглецевому еквіваленті.
- Другий етап до 2040 року. Застосування H<sub>2</sub> у доменних печах знизить частку коксу. Також починається використання CCUS.

На першому етапі вивчається можливість таких проектів із захороненням вуглецю в Індонезії та Австралії.

Компанія підписала відповідні меморандуми з місцевими нафтогазовидобувними компаніями.



# Перспективи південнокорейської «зеленої» сталі

Це дасть можливість знизити парникові викиди на 50% до 2018 року, до 3,94 млн т.

- Фінальний етап має завершитися до 2050 року. Він полягає в переході з BF-BOF на технологію HyREX. Її інноваційність полягає в тому, що DRI, вироблений за допомогою H<sub>2</sub> і NG, нікуди не вивантажується і не транспортується. Прямо тут, у рудотермічній печі, з нього отримують чавун.

У 2024 році компанія підписала угоду з Primetals Technologies на розроблення і постачання обладнання для пілотного проекту потужністю 300 тис. т на рік.

Його почнуть будувати після 2030 року на майданчику комбінату Posco Pohang. Оскільки у плани компанії входить подальше збільшення виробництва, вона інвестує і в нові сталеплавильні потужності.

Зрозуміло, що це буде EAF. Будівництво об'єкта на 2,5 млн т на рік почали у 2024 році на заводі Posco Gwangyang. Його вартість \$450 млн.

Починаючи з 2040 року виплавка сталі на всіх підприємствах буде на 100% забезпечуватися «зеленою» електроенергією.

З цією метою Posco модернізує обладнання потужністю 3,4 ГВт на своїй газовій електростанції в Інчхоні під використання H<sub>2</sub>.

## Hyundai Steel: Hy-Cube на допомогу

Сталеплавильні потужності Hyundai Steel за типом виробництва розподілені порівну: 12 млн т на рік припадає на BF-BOF і стільки само на EAF.

До 2030 року компанія має намір знизити викиди CO<sub>2</sub> на 12% порівняно з 2018 роком. Це більш скромна мета, ніж у Posco, але й вуглецева ємність продукції Hyundai Steel теж менша.

Вона також робить ставку на власні інновації, об'єднані в концепцію Hy-Cube. Компанія розробляє технологію (наразі на стадії тестування) додавання електросталі з EAF у BF.

Із цією метою планують розконсервувати EAF на заводі в Танджині, яка зараз не працює, продуктивністю 1 млн т на рік. У результаті питомі викиди при доменному виробництві мають знизитися до 1,8 т CO<sub>2</sub>.

Другий етап розпочнеться з 2029 року і це буде зворотний процес. При ньому чавун із BF почнуть подавати в EAF. За рахунок цього викиди мають знизитися до 1,4 т.

Основна відмінність між двома способами змішування полягає в технології очищення металу від домішок.

Серед інших першочергових завдань до 2030 року:

- зниження споживання електроенергії на агломераційній фабриці;
- впровадження системи сухого гасіння коксу (CDQ);
- тестування вдування H<sub>2</sub> і LNG у BF;
- збільшення частки брукху, DRI й HBI в сировині.

Привертає увагу відсутність у Дорожній карті декарбонізації Hyundai Steel цільових орієнтирів після 2030 року.

Водночас аналогічний документ групи Hyundai Motors, до якої входить Hyundai Steel, передбачає скорочення викидів CO<sub>2</sub> на 40% до 2035 року, на 60% до 2040 року і на 100% до 2045 року.

З огляду на те, що 60–70% сталі цей автовиробник закуповує всередині групи, логічно припустити, що Hyundai Steel теж доведеться знижувати емісію після 2030 року. Прямої кореляції тут немає, оскільки на сталь припадає до 35% вуглецевого сліду в автомобілі.

Проте Hyundai Steel задекларувала мету досягти вуглецевої нейтральності до 2050 року і в жовтні 2023 року підписала контракт із Primetals Technologies на проведення досліджень щодо скорочення викидів CO<sub>2</sub>.

Здебільшого це можливість використання H<sub>2</sub> в доменному виробництві. Для електросталеплавильного виробництва компанія має намір знизити питомі викиди до 0,2 т за рахунок H<sub>2</sub>-DRI.

Цей обсяг парникових газів планують нейтралізувати за допомогою CCUS. Також до 2050 року Hyundai Steel перейде на 100% забезпечення власної електроенергії. З цією метою вона минулого року розпочала будівництво газової електростанції потужністю 0,5 ГВт.

Нинішні обсяги виробництва компанії вимагають 2,1 ГВт. Зараз вона має електростанцію на 0,1 ГВт, що використовує доменний газ.

**100%**  
виплавки сталі на всіх підприємствах Posco буде забезпечуватися "зеленою" електроенергією з 2040 р.

## Dongkuk Steel: лідер декарбонізації

Третій за величиною виробник сталі Південної Кореї вже зараз має найнижчі викиди. Одна з його EAF на заводі в Інчхоні має маркування Eco-Arc.

За рахунок попереднього нагрівання брухту і системи його безперервного завантаження цей агрегат споживає на 30% менше електроенергії, ніж інші EAF.

Тому короткострокові плани компанії полягають у створенні аналогічної інфраструктури для всіх електропечей. Це інноваційний складник.

Взагалі ж Dongkuk Steel розділяє два напрями декарбонізації: власне виробництво сталі й енергетика. Останнє передбачає цифровізацію системи управління енергоспоживанням на підприємстві до 2030 року і заміну енергообладнання з низькою ефективністю.

У довгостроковій перспективі до 2050 року виробничий напрям передбачає перехід на використання H<sub>2</sub> плюс подальша цифровізація, зокрема ШІ. Енергетичний напрям – масштабування сонячних електростанцій.

Таким чином Dongkuk Steel збирається знизити викиди CO<sub>2</sub>:

- До 2030 року на 10% порівняно з 2018 роком, до 277 тис. т у вуглецевому еквіваленті.
- До 2050 року на 100%.

## Ресурси для декарбонізації

Реалізація «зелених» планів південнокорейських компаній неможлива без ресурсного складника – ВДЕ, H<sub>2</sub> і сталевого брухту.

Ці питання виходять на рівень загальнодержавної політики стимулювання та розвитку.

До 2050 року Південна Корея має намір досягти вуглецевої нейтральності економіки. З цієї метою до 2034 року у країні буде закрито 30 вугільних електростанцій.

Їхню частку мають зайняти ВДЕ й атомні електростанції. До 2036 року буде побудовано два атомні енергоблоки по 1,4 ГВт кожен плюс модульний енергоблок на 0,7 ГВт.

Відповідно до Основного плану розвитку електроенергетики на 2024–2038 роки національний енергобаланс зміниться.

Крім того, 12 вугільних електростанцій переведуть на альтернативне паливо. До 2038 року частка водневого палива в енергобалансі має досягти 6,2%.

Зараз у Південній Кореї випускають «сірий» H<sub>2</sub>, який має значний вуглецевий слід. Дорожня карта водневої економіки Південної Кореї, затверджена Міністерством торгівлі, промисловості та енергетики, передбачає зростання виробництва з 0,22 млн т у 2020 році до 1,94 млн т у 2030 році. З них «зелений» H<sub>2</sub> – 0,25 млн т, «блакитний» – 0,75 млн т, «сірий» – 0,94 млн т. Ще 1,96 млн т «зеленого» H<sub>2</sub> місцеві компанії мають намір імпортувати.

Очевидно, що основний обсяг буде використовуватися в електроенергетиці та цементній промисловості, частка металургії в загальному обсязі споживання на цьому етапі незначна.

До 2050 року виробництво «зеленого» H<sub>2</sub> зросте до 3 млн т, «блакитного» – до 2 млн т.

І 22,9 млн т «зеленого» H<sub>2</sub> Південна Корея збирається закуповувати за кордоном. До цього моменту використання «сірого» H<sub>2</sub> планують повністю припинити.

Міць південнокорейської економіки базується на розвиненому машинобудуванні, яке генерує основну частину ломозбору.

Незважаючи на це, вже зараз Південна Корея є нетто-імпортером брухту. У 2024 році обсяг закордонних закупівель становив \$1,15 млрд, згідно з національними статистичними даними. Експорт – \$305 млн.

Загальний обсяг ринку сталевого брухту за 2024 рік у Південній Кореї оцінюють у \$4,8 млрд. Таким чином, уже зараз приблизно 20% припадає на зовнішню складову, яка буде тільки збільшуватися в міру будівництва нових EAF на заміну BF-BOF потужностям у межах декарбонізації.

Основний потік імпортного брухту південнокорейські металурги отримують із Японії. На неї у 2024 році припало 60% зарубіжних поставок.

Але і там виробники, насамперед Nippon Steel, планують перехід із BF-BOF на EAF, оскільки прагнуть до вуглецевої нейтральності. Це означає різке скорочення експортної пропозиції в середньостроковій перспективі, адже внутрішній попит на брухт у Японії почне зростати.

Американський і російський лом буде дорожчим через логістику. Тому можна прогнозувати обмеження або навіть повну заборону на експорт лому з Південної Кореї після 2030 року.



**6,2%**  
досягне частка водневого палива в енергобалансі Південної Кореї к 2038 р.

# Перспективи південнокорейської «зеленої» сталі

Поки ж місцеві металурги намагаються максимально розширити власну базу заготівлі лому.

Так, Posco у 2023–2025 роках інвестувала \$140 млн у цей напрям, збільшивши кількість центрів заготівлі брухту із чотирьох до восьми.

Компанія також аносувала відкриття таких центрів за кордоном. Очевидно, що інші південнокорейські виробники сталі наслідуватимуть цей приклад.

## «Зелена» державна політика

Уряд не виділяє металургію серед інших галузей промисловості й економіки, які підлягають декарбонізації. Південна Корея першою в Південно-Східній Азії у 2015 році запустила національну систему торгівлі квотами на викиди CO<sub>2</sub>.

Зараз K-ETS охоплює 79% усієї парникової емісії, однак вона не поширюється на сталеву промисловість. Металургійні компанії, як і раніше, отримують безкоштовні квоти. Слідуючи ринковим тенденціям, вони створюють власні сталеві екобренди.

У Posco – Posco Greenable, у Hyundai Steel – HyECOsteel. Але офіційно розробленого і затвердженого державного стандарту «зеленої» сталі (як, наприклад, в Індії) у Південній Кореї немає.

У 2024 році стало відомо про початок консультацій уряду з представниками галузі щодо введення СВAM у Південній Кореї. Відтоді немає інформації про просування ініціативи, покликаної стимулювати перехід на виробництво безвуглецевої сталі. Але це не означає, що місцеві компанії повністю позбавлені державної підтримки.

З кінця 2021 року в Південній Кореї діє національна «зелена» таксономія K-Taxonomy. Вона містить екологічні критерії для 69 видів економічної діяльності.

Відповідність цим умовам дає право компаніям, зокрема металургійним, залучати зовнішнє фінансування для проєктів декарбонізації на пільгових умовах.

Зокрема, вони можуть отримати страхові гарантії державних Корейської торгової страхової корпорації та Експортно-кредитного агентства. Це знижує вартість позик. У Posco вже є такий досвід.

У 2021 році корпорація розмістила випуск «зелених» облігацій на \$700 млн із низькою прибутковістю.

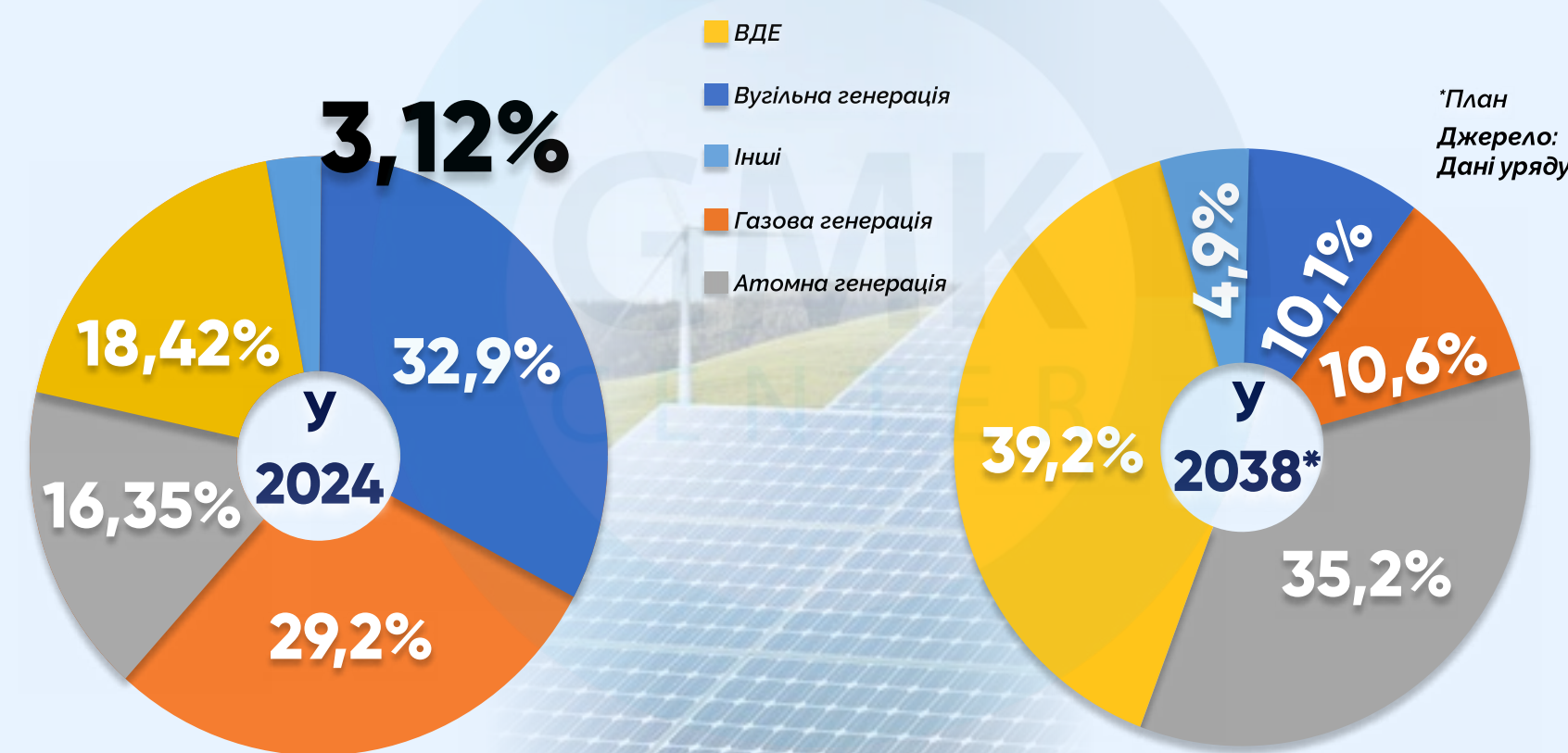
Hyundai Motors у 2023 році також на дуже вигідних умовах залучила «зелений» кредит на \$940 млн для будівництва заводів зі складання акумуляторів для електромобілів у США.

Очевидно, що цей досвід може бути використаний Hyundai Steel для своїх проєктів.

Проте, незважаючи на зазвичайні фінансові можливості, південнокорейські металургійні компанії вважають за краще не форсувати «зелений» перехід.

Свої стратегії декарбонізації вони вибудовують з урахуванням довгострокової перспективи, розрахованої на 25–30 років.

## ЕНЕРГОБАЛАНС ПІВДЕННОЇ КОРЕЇ



# Сталева галузь Великої Британії: як і чому декарбонізація провалилася

## Непродумана державна політика створила перешкоди для «зеленого» переходу

Економіка Великої Британії впевнено рухається до нульових викидів CO<sub>2</sub>. На цьому тлі її металургія виглядає явним аутсайдером. Однак це не провина місцевих сталеливарних компаній.

Правила гри диктує держава. Ось чому британський кейс виглядає як приклад від зворотного: як НЕ треба проводити декарбонізацію сталевій галузі.

## Проблемний перехід

Минулий рік у британській енергетиці став історичним. Наприкінці вересня закрилася електростанція Ratcliffe-on-Soar у Ноттінгемі – остання ТЕС у країні, яка працювала на вугіллі.

Вітер уперше став найбільшим джерелом виробництва електроенергії. Його частка в енергобалансі зросла на 2% порівняно з попереднім роком.

Це означає, що металургійні компанії можуть істотно зменшити парникові викиди за рахунок поновлюваних джерел енергії (ВДЕ). Проте до останнього часу найбільші метпідприємства були

присутні в 10 найбільших емітентів CO<sub>2</sub> Великої Британії. Комбінат Port Talbot, який належить індійській Tata Steel, на 4 місці – 6,2 млн т у 2023 році, комбінат Scunthorpe компанії British Steel – на 8 місці з 3,3 млн т. Викиди всієї британської металургії у 2023 році становили 9,862 млн т.

Чому так? Тому що перехід із BF-BOF на EAF scrap based виявився занадто болючим для власників Port Talbot і Scunthorpe.

Вартість будівництва EAF у Порт Талботі – £1,25 млрд, у Сканторпі – перевищує £2 млрд. Водночас інвестиційні можливості самих виробників обмежені вузькою маржинальністю, яка є наслідком слабкої захищеності внутрішнього ринку від дешевого сталевих імпорту.

Сюди ж треба додати високу вартість електроенергії. Так, зараз ситуація виглядає трохи кращою, ніж кілька років тому.

Проте навіть зараз “зелена” енергія у Великій Британії на 60% дорожча, ніж у європейських країнах, за даними UK Metals Council.

Тобто у власників Port Talbot і Scunthorpe є чітке розуміння, що їхні інвестиції в EAF-перехід найімовірніше, не окупляться.

Але й продовжувати експлуатацію BF-BOF також збитково через високу вартість дозволів на викиди CO<sub>2</sub>. Патова ситуація, яка вимагає державного втручання. І держава втрутилася.

Уряд погодився виділити £500 млн на будівництво EAF у Порт Талботі. Плюс £80 млн на програму компенсацій, оскільки проект спричинить скорочення 3 тис. робочих місць. З 1 жовтня 2024 року доменне виробництво на комбінаті припинилося, запуск EAF заплановано на 2027 рік. Складніше вийшло у Сканторпі.

Тут уряд також пропонував власнику, китайській Jingye Group, £500 млн для EAF-переходу. Але компанія відмовилася, оскільки пайова участь держави була б меншою, ніж у випадку з Port Talbot: 25% проти 40%.



**9,862 МЛН Т**  
CO<sub>2</sub> становили викиди британської металургії у 2023 р.

# Сталева галузь Великої Британії: як і чому декарбонізація провалилася

У підсумку British Steel 12 квітня цього року перейшла в тимчасове державне управління. Тоді ж держсекретар з питань бізнесу і торгівлі Джонатан Рейнольдс повідомив, що влада готова самостійно профінансувати створення електросталеплавильного виробництва у Сканторпі.

За його словами, з цією метою у Фонді національного добробуту зарезервовано £2,5 млрд.

З погляду розумного використання державних фінансів це дивне рішення для декарбонізації: взяти на себе всі витрати в сумі £2 млрд замість того, щоб поділити їх навпіл із китайцями, яким, можливо, ще й доведеться виплатити штраф після міжнародного арбітражу.

Оскільки Jinye Group на початку червня найняла юридичну компанію Linklaters для роботи над поверненням грошей, витрачених на British Steel.

Також треба пам'ятати, що взявши на себе відповідальність за British Steel, уряд "повісив" на британський бюджет проблему майбутніх дотацій її виробництва. Оскільки проблема дорожнечі "зеленої" електроенергії для EAF нікуди не поділася.

Однак можна констатувати: нинішнього року викиди CO<sub>2</sub> у британській металургії знизяться майже на 70% завдяки закриттю доменних печей компанії Tata Steel UK.

Якщо будівництво EAF у Порт Талботі та Сканторпі відбуватиметься за графіком, то вже за 2–3 роки Велика Британія повністю припинить експорт сталевих брухтів. Ще у 2024 році він становив 7,6 млн т.

Для українських чиновників це хороший привід замислитися, як забезпечити декарбонізацію сталєвої галузі України в умовах, коли внутрішній бруктовий ресурс уже зараз на межі дефіциту, в доступність імпортного дедалі більше звужується.

Але повернемося до британської металургії. Із середини 2000-х років виплавка сталі у Сполученому Королівстві знизилася удвічі.

З одного боку, викиди CO<sub>2</sub> також скоротилися більш ніж утричі. З іншого, це свідчить про системні проблеми галузі, не пов'язані із "зеленою" трансформацією.

Деіндустріалізація – це не шлях до сталого розвитку.

Національний внесок Великої Британії (NDC) передбачає вихід на нульові викиди CO<sub>2</sub> до 2050 року і їх скорочення на 81% (порівняно з 1990 роком) до 2035 року.

Аналогічні завдання поставлено перед сталеливарними компаніями.

Tata Steel UK і British Steel стверджують, що після EAF-переходу їхні викиди будуть на рівні 0,85 т на 1 т сталі. При BF-BOF виробництві вони становили 2,4–2,6 т, тому можна сказати, що зниження вийде приблизно на 70%.

Але це вже до 2030 року, якщо реалізація проєктів не затягнеться. Для подальшого скорочення, очевидно, знадобиться впровадження CCUS.

Решта британських виробників сталі вже зараз використовують EAF, і їхні питомі викиди перебувають на дуже низькому рівні.

Наприклад, у GFG Liberty Steel Rotherham із потужністю 1,98 млн т сталі на рік – 0,4 т, за даними компанії.



# Сталева галузь Великої Британії: як і чому декарбонізація провалилася

У 7 Steel UK Cardiff (раніше – Celsa Steel UK) із потужністю 1,2 млн т – 0,417 т.

Тобто їм до 2035 року нема про що турбуватися, в далі – все той же CCUS, повний перехід на ВДЕ і H2-DRI.ту.

Але поки таких конкретних планів у виробників немає і деяким із них зараз явно не до цього.

Так, заводи Liberty Steel у Ротеремі та Мотервелле вже рік як перебувають у режимі простою.

Причина – боргова криза компанії Санджива Гупти. І, як наслідок, брак обігових коштів для операційної діяльності.

Tata Steel UK у своїй дорожній карті вказує, що готова розглянути будівництво заводу з випуску 2 млн т DRI на рік за умови фінансової підтримки та сприятливих умов для бізнесу.

Як такі вказуються доступ до конкурентоспроможного природного газу, а потім і до “зеленого” водню, чого наразі немає.

Дійсно, у Великій Британії зараз немає жодного пілотного проекту H2-DRI ні на стадії розроблення, ні на стадії реалізації.

Для порівняння: у ЄС таких проєктів 23, за даними британського уряду.

Як причину, через яку компанії не хочуть інвестувати в цей напрям, вказують високу вартість електроенергії у Сполученому Королівстві.

У разі повного переходу наявних сталеливарних підприємств на водневі технології для покриття їхніх потреб у H2 потрібні потужності на 1 ГВт.

Воднева стратегія Великої Британії передбачає створення 1 ГВт до 2025 року і 5 ГВт до 2030 року. Зараз таких немає, тобто з першим етапом британці не впоралися. І поки немає передумов надолужити згаяне протягом наступних 5 років.

Цікавий проєкт є у British Petroleum із будівництва заводу HyGreen Teesside потужністю 500 МВт. Цього показника планували досягти до 2030 року, а цьогоріч мав запрацювати перший модуль на 80 МВт.

Продукцію із цього підприємства міг би отримувати майбутній електросталеплавильний завод British Steel у Лакенбі (промисловий район Тіссайд).

Але поки це підприємство є тільки у презентаційних матеріалах British Steel.

Та й British Petroleum у березні цього року офіційно оголосила про замороження HyGreen Teesside на невизначений термін.

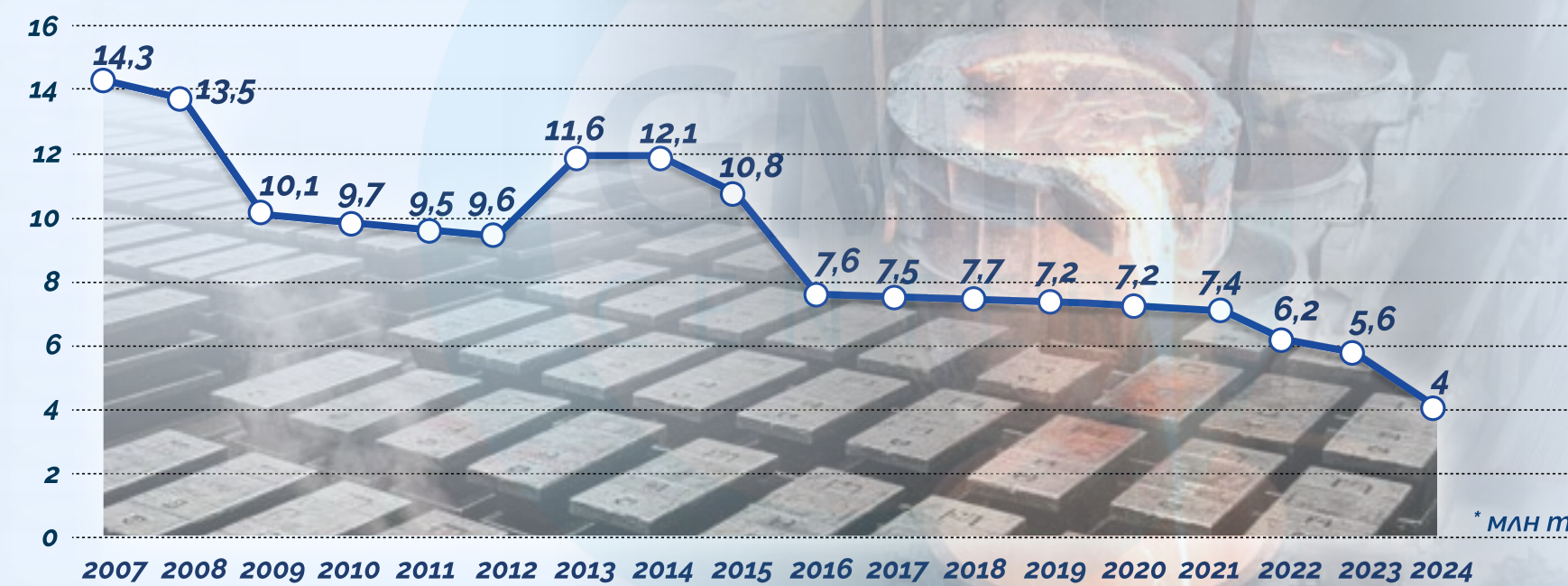
Аналогічно із CCUS. Попередні уряди двічі намагалися запустити CCUS у Великій Британії, але ці програми були скасовані у 2011 і 2016 роках.

Поточний підхід, запущений у 2018 році, спрямований на створення чотирьох кластерів CCUS. Річ у тім, що це занадто масштабні та дорогі проєкти для однієї компанії.

Тому для транспортування і зберігання пропонують об'єднати низку промислових підприємств із різних галузей.

Влада ставила за мету вловлювати й зберігати 20–30 млн т вуглецю на рік до 2030 року. У грудні 2024 року Міністерство енергетики та чистого нуля дійшло висновку, що мета недосяжна.

## ДИНАМІКА РІЧНОЇ ВИПЛАВКИ СТАЛІ У ВЕЛИКІЙ БРИТАНІЇ\*



Джерело: WORLD STEEL



# Сталева галузь Великої Британії: як і чому декарбонізація провалилася

Воно ще не встановило переглянуті цілі. Проте тоді ж, у грудні 2024 року, Міненерго оголосило про підписання контрактів із двома першими проектами у кластері East Coast, який охоплює Тіссайд і Хамберсайд.

Очікується, що вони почнуть функціонувати у 2028 року. Однак зараз не можна стверджувати, що так і буде, з урахуванням попереднього негативного досвіду.

Навіть попри фінансову підтримку в розмірі £21,7 млрд протягом 25 років, задекларовану в березні 2023 року британським казначейством.

## Надія на СВМ

Єдине, в чому можна не сумніватися, що заявлений EAF-перехід у британській металургії все-таки відбудеться приблизно в заявлені терміни.

Як зазначалося, можливості для її забезпечення чистою електроенергією є вже зараз. Залишається розв'язати проблему цінової доступності, тому що жодної декарбонізації не буде без дешевої та доступної електроенергії, забезпечити яку можуть тільки великі потужності.

Власне, це стосується не тільки Великої Британії, а й інших країн, включно з Україною. Ось чому британський уряд має на меті подальше розширення інфраструктури ВДЕ.

Національний план дій «Чиста енергія 2030» передбачає значне зростання встановленої потужності ВДЕ протягом наступних 5 років. Збільшення пропозиції “зеленої” енергії має знизити її вартість відповідно до ринкових законів.

Програма розвитку “зеленої” енергетики Великої Британії передбачає збільшення потужностей до 2030 року:

- наземної вітроенергетики до 29 ГВт порівняно з 15,7 ГВт у 2024 році;
- сонячної енергетики до 45 ГВт порівняно з 18 ГВт у 2024 році;
- морської вітроенергетики до 43 ГВт порівняно з 14,7 ГВт у 2024 році.

По-друге, запровадження СВМ УК, заплановане на січень 2027 року, істотно обмежить доступ імпорتنної сталі на британський ринок.

Попередні розрахунки British Steel показують, що в такому разі за рахунок Scope 3 навіть екологічно чиста сталь із Затоки не витримає конкуренції з місцевою.

У такому разі британські виробники зможуть збільшити маржинальність продажів та їхні обсяги, що дасть можливість безболісно купувати “зелену” електроенергію для виробничих потреб.

Зростання ж цін на сталеву продукцію дасть змогу перекласти ці витрати на кінцевих споживачів.



## ВИКИДИ CO2 ПРИ ДОСТАВЦІ СТАЛЕВОГО ПРОФІЛЮ ДО ЛІДСУ\*



# «Зелена» сталь: як це зроблять у Канаді

## Декарбонізація галузі в країні базується на кількох складниках

Канада має значні переваги для “зеленого” переходу в металургії. Насамперед це великі запаси залізної руди – приблизно 6 млрд т. Вони дають змогу виробляти безвуглецеву сировину для виплавки сталі.

Причому не тільки для власних потреб, а й на експорт. Країна посідає шосте місце у світі за генерацією енергії з відновлюваних джерел (ВДЕ), необхідної для беземісійного сталевих виробництва. Канадський потенціал ВДЕ можна назвати колосальним.

Здебільшого це гідроенергетика та вітроенергетика. Інвестиційні можливості металургійних компаній і державна підтримка декарбонізації в Канаді на досить високому рівні.

Тож загалом можна очікувати швидкого просування місцевої сталеливарної промисловості до «чистого нуля». Але як усе відбувається насправді?

## Галузеве резюме

Протягом останніх років сталева виплавка в Канаді тримається приблизно на одному рівні. З одного боку, це свідчить про стійкість галузі та досить сильний захист внутрішнього ринку від імпорту металургійної продукції. З іншого, може вказувати на стагнацію.

Окрім згаданих запасів залізної руди, країна має великі вугільні родовища, 6,58 млрд т. Це зумовило акцент на BF-BOF моделі для місцевої металургії.

Незважаючи на це, її внесок у загальний обсяг парникової емісії канадської промисловості й економіки можна оцінити як незначний.

Практично всі основні емітенти CO<sub>2</sub> розташовані у провінції Онтаріо. Це інтегровані BF-BOF комбінати ArcelorMittal Dofasco, найбільший сталевий виробник Канади з річною потужністю 4,05 млн т., Algoma Steel, провідний канадський виробник г/к і х/к прокату з потужністю 3,2 млн т і Stelco з потужністю 2,5 млн т. Тільки невеликий завод Rio Tinto потужністю 0,6 млн т працює у Квебеку.

З них ArcelorMittal Dofasco і Algoma Steel обрали модель H<sub>2</sub>-DRI-EAF, тоді як Stelco досі не визначилася зі стратегією.

Проте відповідно до міжнародних зобов'язань Канади й планів федерального уряду всі меткомпанії до 2050 року мають досягти нульових парникових викидів.

## Плани компаній

Проект із декарбонізації комбінату Dofasco в Гамільтоні вартістю \$1,8 млрд ArcelorMittal розпочав у жовтні 2022 року.

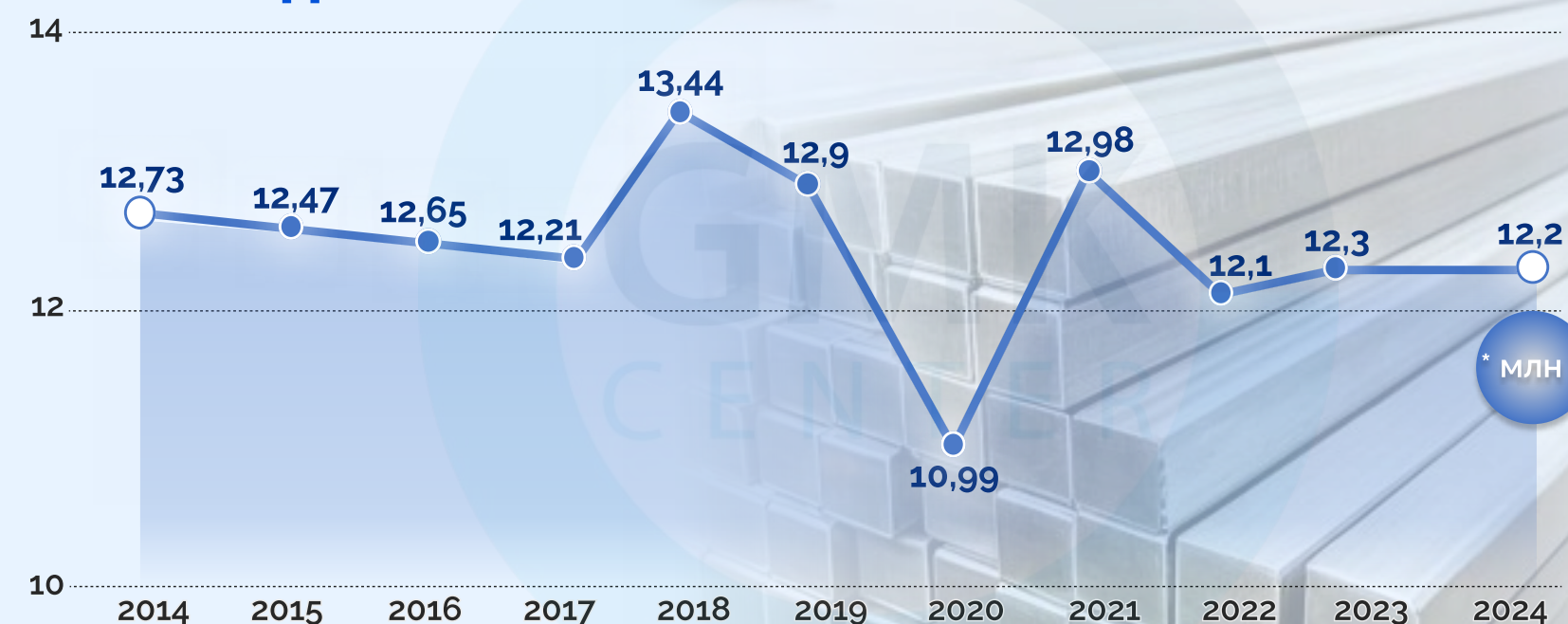
Він передбачає будівництво заводу DRI на 2,5 млн т на рік й EAF на 2,4 млн т. Обладнання поставлять італійські Danieli&CSpA і Tenova SpA.

У межах проекту на комбінаті було демонтовано стару коксову батарею № 1. На її місці й зводять новий виробничий комплекс. Також передбачається модернізація вже наявної EAF і МБЛЗ. Після цього продуктивність комбінату знизиться до 3,57 млн т сталі.

Завершення робіт раніше планували на 2026 рік, однак цього року місцеві ЗМІ повідомили про певні затримки з просуванням проекту. Утім, він передбачає перехідний етап до 2028 року, протягом якого мають паралельно експлуатувати BF та EAF.

**6 МЛРД Т**  
налічують запаси залізної руди в Канаді

## ДИНАМІКА ВИРОБНИЦТВА СТАЛІ В КАНАДІ\*



# «Зелена» сталь: як це зроблять у Канаді

У дорожній карті декарбонізації ArcelorMittal Dofasco до 2030 року передбачається зниження викидів лише на 25%, тоді як повна реалізація EAF-переходу в Гамільтоні дасть скорочення на 60%.

Таким чином, зараз можна сказати, що компанія не вибивається із запланованого графіка. Швидше процес іде на комбінаті Algoma Steel у Су-Сент-Марі.

Тут уже в липні нинішнього року почали промислову експлуатацію першого блоку нової EAF, яка замінить доменне виробництво.

Проект Algoma і стартував трохи раніше – у 2021 році, тоді як ArcelorMittal розпочав роботи в січні 2023 року.

Загалом у Су-Сент-Марі передбачається побудувати дві EAF потужністю 250 т кожна, постачальником обладнання також є Danieli.

Після повного запуску електросталеплавильного комплексу викиди CO<sub>2</sub> на комбінаті знизяться на 70%. Це має відбутися до 2030 року. Варто зазначити, що темпи будівництва стримуються через мережеві можливості місцевої енергетики. Решта 30% припадають на нагрівальні печі листопрокатного комплексу, а також вирівнювальні печі.

Ці викиди будуть скорочені завдяки переведенню агрегатів із природного газу на електроенергію і синтетичний біогаз.

Варто зазначити, що обидва підприємства підключені до енергомережі провінції Онтаріо, в якій електроенергія вже зараз на 93% є безвуглецевою.

Практично всі основні емітенти CO<sub>2</sub> розташовані у провінції Онтаріо. Це інтегровані BF-BOF комбінати ArcelorMittal Dofasco, найбільший сталевий виробник Канади з річною потужністю 4,05 млн т., Algoma Steel, провідний канадський виробник г/к і х/к прокату з потужністю 3,2 млн т і Stelco з потужністю 2,5 млн т. Тільки невеликий завод Rio Tinto потужністю 0,6 млн т працює у Квебеку.

З них ArcelorMittal Dofasco і Algoma Steel обрали модель H<sub>2</sub>-DRI-EAF, тоді як Stelco досі не визначилася зі стратегією.

Проте відповідно до міжнародних зобов'язань Канади й планів федерального уряду всі меткомпанії до 2050 року мають досягти нульових парникових викидів.

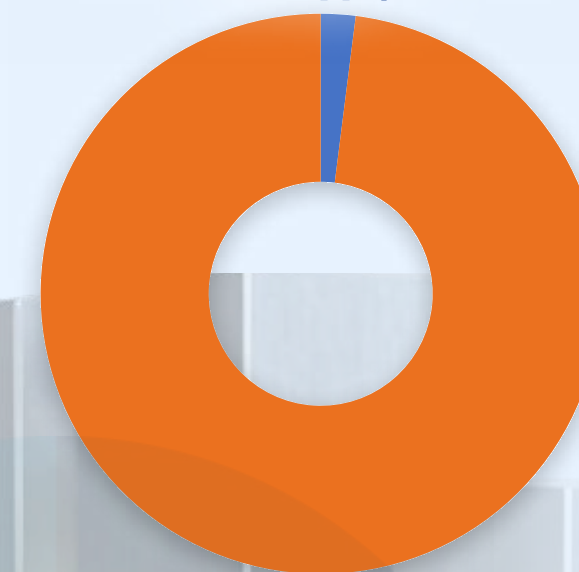
## Плани компаній

Проект із декарбонізації комбінату Dofasco в Гамільтоні вартістю \$1,8 млрд ArcelorMittal розпочав у жовтні 2022 року.

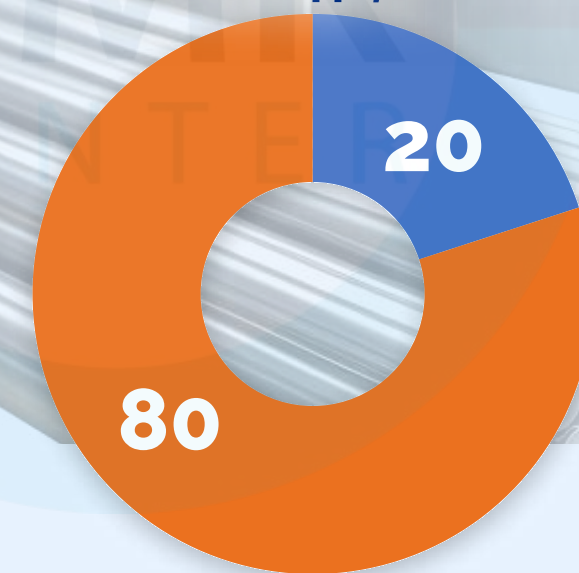
Він передбачає будівництво заводу DRI на 2,5 млн т на рік й EAF на 2,4 млн т.

Обладнання поставлять італійські Danieli&CSpA і Tenova SpA.

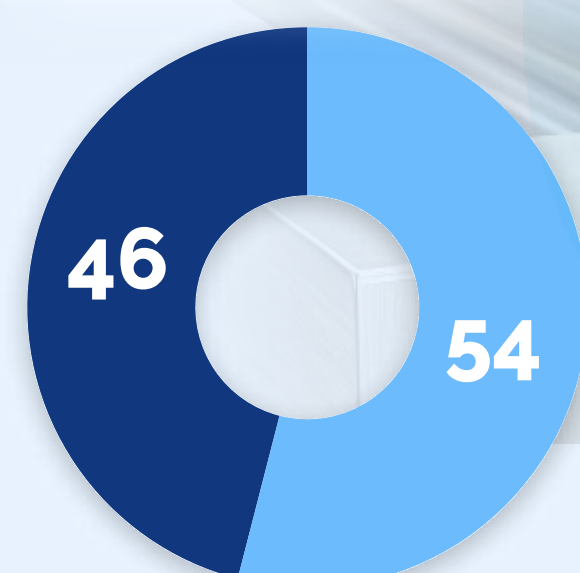
ЧАСТКА СТАЛЕВОЇ ГАЛУЗИ В ЕМІСІЇ CO<sub>2</sub> ЕКОНОМІКИ КАНАДИ, %



ЧАСТКА СТАЛЕВОЇ ГАЛУЗИ В ЕМІСІЇ CO<sub>2</sub> ПРОМИСЛОВОСТІ КАНАДИ, %

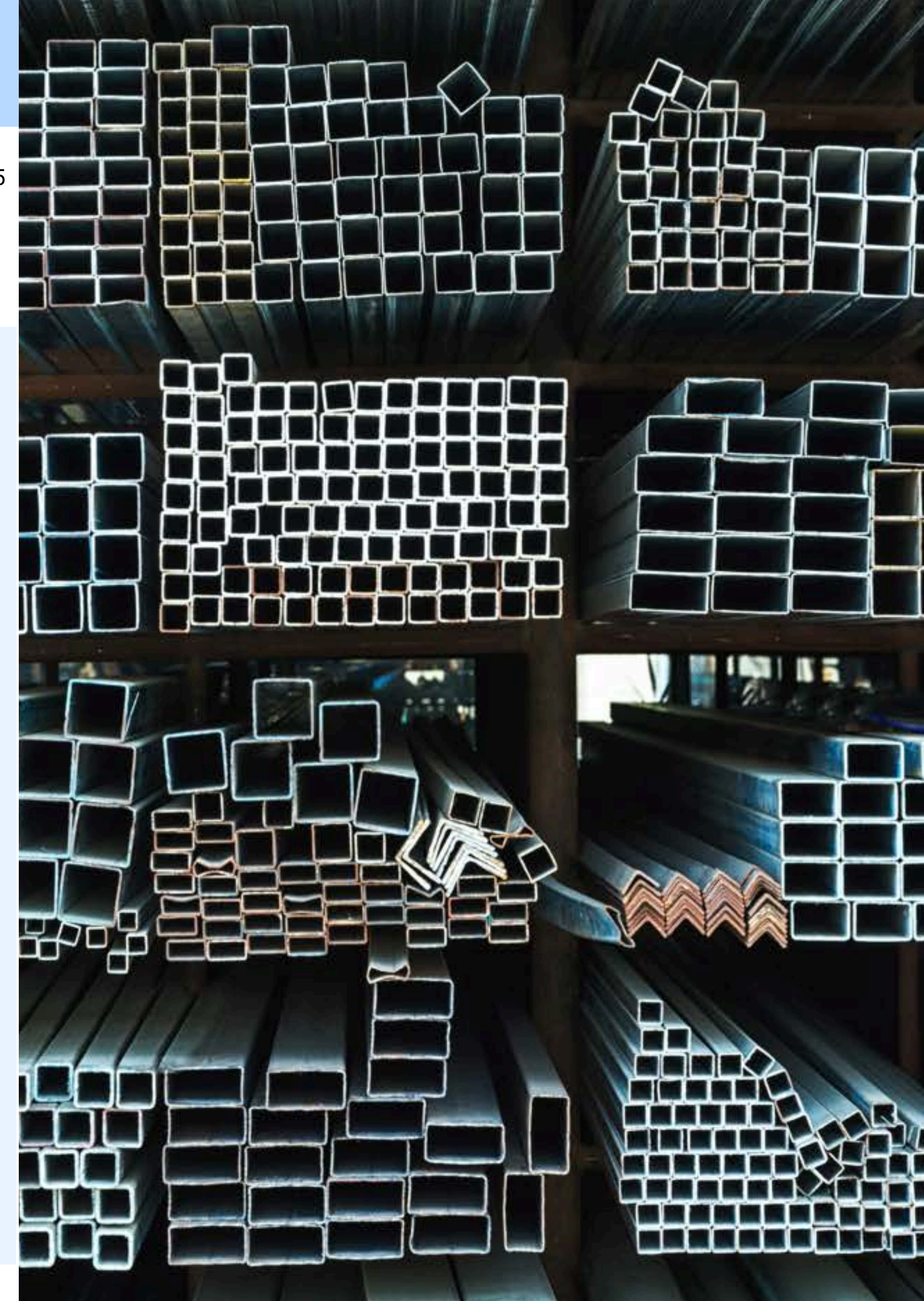


СТАЛЕВА ГАЛУЗЬ КАНАДИ ЗА ТИПОМ ВИРОБНИЦТВА, %



■ ЕДП ■ ДП-КК

Джерело: Університет Лунда



# «Зелена» сталь: як це зроблять у Канаді

У межах проекту на комбінаті було демонтовано стару коксову батарею № 1. На її місці й зводять новий виробничий комплекс. Також передбачається модернізація вже наявної EAF і МБЛЗ. Після цього продуктивність комбінату знизиться до 3,57 млн т сталі.

Завершення робіт раніше планували на 2026 рік, однак цього року місцеві ЗМІ повідомили про певні затримки з просуванням проекту. Утім, він передбачає перехідний етап до 2028 року, протягом якого мають паралельно експлуатувати BF та EAF.

У дорожній карті декарбонізації ArcelorMittal Dofasco до 2030 року передбачається зниження викидів лише на 25%, тоді як повна реалізація EAF-переходу в Гамільтоні дасть скорочення на 60%. Таким чином, зараз можна сказати, що компанія не вибивається із запланованого графіка.

Швидше процес іде на комбінаті Algoma Steel у Су-Сент-Марі. Тут уже в липні нинішнього року почали промислову експлуатацію першого блоку нової EAF, яка замінить доменне виробництво. Проект Algoma і стартував трохи раніше – у 2021 році, тоді як ArcelorMittal розпочав роботи в січні 2023 року.

Загалом у Су-Сент-Марі передбачається побудувати дві EAF потужністю 250 т кожна, постачальником обладнання також є Danieli.

Після повного запуску електросталеплавильного комплексу викиди CO<sub>2</sub> на комбінаті знизяться на 70%.

Це має відбутися до 2030 року. Варто зазначити, що темпи будівництва стримуються через мережеві можливості місцевої енергетики.

Решта 30% припадають на нагрівальні печі листопрокатного комплексу, а також вирівнювальні печі. Ці викиди будуть скорочені завдяки переведенню агрегатів із природного газу на електроенергію і синтетичний біогаз.

Варто зазначити, що обидва підприємства підключені до енергомережі провінції Онтаріо, в якій електроенергія вже зараз на 93% є безвуглецевою.

Таким чином, канадським металургам, на відміну від їхніх колег у більшості країн, не потрібно інвестувати у створення власних потужностей ВДЕ. Це означає, що їхній шлях до «чистого нуля» набагато швидший і коротший. І дешевший.

Stelco – єдиний великий виробник із BF-BOF потужностями, у якого немає затвердженої дорожньої карти декарбонізації. Водночас компанія у 2020 році провела заміну футерування і модернізацію BF.

Це значні інвестиції, а доменні печі після заміни футерування зазвичай можуть працювати до 20 років. З цього випливає, що до 2040 року Stelco не планує радикальних заходів із декарбонізації, тільки НДТ.

Також дорожньої карти із цільовими орієнтирами немає у двох заводів ArcelorMittal Montreal у Квебеку сумарною потужністю 2,4 млн т сталі на рік. Оскільки ці підприємства працюють на EAF, то з їхнім остаточним «озелененням» дійсно можна не поспішати.

Те саме стосується заводів Evraz Regina Steel Works у Саскачевані потужністю 1,2 млн т сталі на рік і Gerdau у Вітбі (провінція Онтаріо) потужністю 1,1 млн т.

З огляду на невеликі обсяги сталевий виплавки на комбінаті Rio Tinto Iron&Titanium (RTIT) у Квебеку, стратегію декарбонізації цього підприємства можна вважати оптимальною переведе печі зі звичайного металургійного вугілля на біовугілля.

Завод із його виробництва Rio Tinto спільно з американською Arium будує тут же, у Квебеку, на майданчику колишнього целюлозно-паперового комбінату. Його запуск в експлуатацію заплановано до кінця поточного року.

Таким чином викиди RTIT від сталевий виробництва знизяться на 70%. Решту 30% має поглинути технологія Blue-Smelting, яка передбачає попереднє нагрівання матеріалу перед виправкою та утилізацію металургійних газів.

Зараз на комбінаті вже працює експериментальна установка з потужністю виробництва 40 тис. т на рік.

## Ресурси для декарбонізації

Місцеві металурги не відчують проблем із бруттозабезпеченням. Обсяги заготівлі перевищують поточні потреби.

Канада може навіть дозволити собі експорт брухту – 4,9 млн т у 2024 році, у 2023 році – 4,8 млн т. Але це поки що. Після завершення EAF-переходу на комбінатах Dofasco й Algoma потреба в цьому ресурсі різко зросте. Тому можна очікувати обмежень на його експорт у найближчі рік-два.

Якщо говорити про технологію DRI-EAF, то робочі плани з будівництва DRI заводу в Канаді є тільки в ArcelorMittal.



**4,9 МЛН Т**  
становив експорт сталевий брухту з Канади в 2024 р.

# «Зелена» сталь: як це зроблять у Канаді

Єдине чинне підприємство також належить цьому концерну. Це розташований у Квебеку завод ArcelorMittal's Port-Cartier продуктивністю 10 млн т залізорудних окатишів і 1,65 млн т DRI.

Зараз він використовує природний газ, надалі передбачається перехід на "зелений" або "блакитний" H<sub>2</sub>.

Зараз річне виробництво H<sub>2</sub> в Канаді на рівні 3 млн т, але це здебільшого "сірий" водень. Найбільший у країні завод із виробництва "зеленого" H<sub>2</sub> потужністю 11 тис. т на рік мав запрацювати ще у 2023 році.

Однак оператор проекту, провінційна державна компанія Hydro-Quebec, досі не розпочав його реалізацію. Проте затверджена у 2020 році Воднева стратегія Канади передбачає.

Згідно зі стратегією, до 2050 року у країні випускатимуть понад 20 млн т H<sub>2</sub>. Причому влада акцентує, що це може бути не тільки "зелений", а й "блакитний" H<sub>2</sub>, одержуваний із нафти й природного газу – ресурсів, які країна має у своєму розпорядженні у великих обсягах.

У будь-якому разі Канада має намір не тільки повністю закрити потреби своєї економіки у водні, а й налагодити його масштабний експорт.

Уряд очікує, що до 2050 року у грошовому еквіваленті він перевищить \$50 млрд за орієнтовної ціни виробництва і транспортування \$1500–3500/т.

Зараз у Канаді вона в межах \$5000–12 000/т. Тому до широкого комерційного застосування H<sub>2</sub> ще досить далеко.

Розвиток H<sub>2</sub>-DRI виробництва й EAF-перехід потребуватимуть додаткових обсягів "зеленої" електроенергії.

У 2023 році потужність ВДЕ в Канаді становила 20,4 ГВт. На кінець 2025 року Канадська асоціація відновлюваної енергії (CanREA) прогнозує приріст до 26 ГВт, до 2050 року – до 58 ГВт.

Тож чиста електроенергія – це те, про що канадським металургам можна не турбуватися.

## «Зелена» державна політика

Розумне поєднання стимулів і регуляцій. Так коротко можна охарактеризувати політику уряду Канади у сфері "зеленого" переходу.

У 2018 році у країні було ухвалено Закон про ціноутворення щодо викидів парникових газів, яким, зокрема, запроваджено плату за емісію CO<sub>2</sub> для промислових підприємств. Із 2019 року він набув чинності.

Паралельно з 2022 року уряд надає виробникам податковий кредит у розмірі 60% від вартості нового обладнання для уловлювання CO<sub>2</sub> з повітря, а також 50% на все інше обладнання для уловлювання шкідливих викидів.

Податковий кредит у розмірі 37,5% виділяють на нове низькоемісійне обладнання для транспортування і зберігання продукції.

А ось на введення СВАМ, мита на імпорт продукції з високим вуглецевим слідом, влада Канади так і не зважилася.

Це питання наприкінці вересня 2024 року тодішній прем'єр Джастін Трюдо обговорював із головою Єврокомісії Урсулою фон дер Ляєн. Але відтоді зрушень немає.

Причина полягає в побоюваннях зіпсувати і без того непрості торговельні відносини зі США, головним зовнішньо-економічним партнером.

За даними канадського Мінфіну, 76% експорту місцевих підприємств із високим рівнем викидів CO<sub>2</sub> припадає на США.

Тому в Оттаві небезпідставно вважають, що відповідні заходи Вашингтона виявляться занадто болючими для національної економіки.

Дуже важливий нюанс – цільове використання коштів, що надходять до бюджету від підприємств як плата за викиди. У цьому головна відмінність між Канадою та Україною, де гроші від екологічного податку надходять частково до державного бюджету і до фонду Держенергоефективності, де вони, природно, не витрачаються на декарбонізацію.

У Канаді ж надходження від плати за викиди влада інвестує виключно у проекти декарбонізації. Наприклад, згаданий вище EAF-перехід комбінату ArcelorMittal Dofasco вартістю \$1,8 млрд. Із цієї суми \$400 млн виділяє федеральний уряд і \$500 млн дають влади провінції Онтаріо.

Тобто пайова участь держави в цьому проекті – 50%. Це дуже навіть немало. Для порівняння, заявлена частка державного фінансування EAF-переходу для британського металургійного комбінату Port Talbot – 40%, для австралійського Whyalla Works – 23%.

Багато в чому завдяки цьому декарбонізація металургії в Канаді просувається успішніше, ніж в інших країнах.



## Австралія може зіграти важливу роль у декарбонізації металургії Азійсько-Тихоокеанського регіону

Австралійські металургійні компанії до досягнення вуглецевої нейтральності йдуть різними шляхами. Перший заснований на перевірених і доступних технологіях, що гарантують результат.

Другий передбачає розроблення принципово нових рішень, здатних перевернути ринок сталі. Як результат, в одних уже є чіткі орієнтири щодо зниження парникової емісії, в інших усе ще досить невизначено.

В обох випадках декарбонізація призведе до структурної трансформації не тільки самої металургії, а й залізорудної промисловості – основи австралійської економіки. Тому зміни в галузі отримують серйозну державну підтримку.

Основні гравці галузі – підрозділи великих міжнародних корпорацій BlueScope і Liberty Steel. Компанія Australian Steel Products Ltd. входить до BlueScope.

Їй належить комбінат Port Kembla Steelworks (штат Новий Південний Уельс) потужністю понад 3 млн т сталі на рік. Це провідний виробник плоского прокату.

Основний актив Liberty Steel – комбінат Whyalla Works (штат Південна Австралія) з потужністю 2,6 млн т сталі, найбільший виробник сортового прокату.

Сукупна виплавка цих підприємств у 2024 році становила 4,8 млн т. Це на 11% менше, ніж роком раніше. Зниження відображає проблеми австралійської металургії: висока вартість природного газу і слабка захищеність внутрішнього ринку в умовах агресивного імпорту з країн Південно-Східної Азії.

Обидва комбінати працюють на технології BF-BOF, зараз їхні середні викиди становлять 2,07 т на 1 т сирової сталі.

Власники підприємств активно займаються декарбонізацією, оскільки це визначається курсом уряду Австралії на побудову безвуглецевої економіки до 2050 року.

## ЕАФ-перехід зі знаком питання

Піонером процесу можна умовно вважати Liberty Steel Australia. Вона зробила ставку на ЕАФ-перехід.

З цієї метою GFG Alliance, материнська компанія Liberty Steel, у квітні 2023 року уклала договір з італійською Danieli на постачання обладнання та будівництво ЕАФ потужністю 1,6 млн т на рік на заміну наявної BF.

Нова піч працюватиме на електроенергії з відновлюваних джерел (ВДЕ). Завершення проекту передбачалося до кінця нинішнього року, його вартість \$485 млн.

Плани також передбачають будівництво заводу з виробництва DRI потужністю 1,8 млн т на рік тут же, у Вайаллі.

Це підприємство випускатиме продукцію із сировини, яку видобувають на залізорудному комбінаті в Тамурі (Новий Південний Уельс), що входить до Liberty Steel Australia.

Вартість цього проекту оцінюють у \$593 млн. У такий спосіб компанія вирішить проблему ресурсного забезпечення ЕАФ-виробництва, яке не може використовувати звичайну залізну руду для виплавки сталі.

Виклик для проекту – обмеженість пропозиції NG у Південній Австралії, потрібної для випуску DRI.

Нівелювати ризики на першому етапі може будівництво плавучого LNG-терміналу в порту Аделаїда, про яке раніше оголосила група Venice Energy. Її представник уточнив, що об'єкт націлений на прийом імпортного LNG, імовірно, із Близького Сходу.

Надалі виробництво DRI у Вайаллі планують перевести на «зелений» H2 замість NG. Водневий завод має стати частиною майбутнього комплексу.

Liberty Steel Australia вже до 2030 року має намір перейти на беземісійну виплавку сталі. Однак реалізація цього плану під питанням, виходячи зі складної ситуації, в якій перебувають європейські активи GFG Alliance.

Liberty Steel, що входить до GFG Alliance, після банкрутства свого основного кредитора Greensill Capital у 2021 році зіткнулася із серйозними фінансовими труднощами, тому чеський комбінат Liberty Ostrava продали компаніям SPV NH Ostrava і SPV NH Koksovna.

На заводи Liberty Steel у Люксембурзі (Дюделанж) і Бельгії (Льєж) за 2 роки покупців так і не знайшлося, і, мабуть, вони близькі до остаточного закриття.

Румунський меткомбінат Liberty Galati перебуває у стані банкрутства, управління передано консорціуму адміністраторів.

Звідси сумніви у здатності Liberty Steel здійснити декарбонізацію австралійських активів до 2030 року.

**4,8 МЛН Т**  
сталі склало виробництво підприємств Австралії в 2024 р.

## Нова концепція EAF-переходу

Цей варіант обрала ще одна компанія, Green Steel of Western Australia (GSWA). Це новий гравець, який вирішив зайти на місцевий ринок, розраховуючи на перспективи, пов'язані зі зростанням попиту на «зелену» сталь.

Зараз у компанії немає власного виробництва, але вона буде EAF-завод у Коллі з річною потужністю 450 тис. т. Підприємство випускатиме арматуру і катанку. Запуск в експлуатацію запланований на 2026–2027 роки.

GSWA також буде DRI-завод у Джералдтоні. Його проектною потужності не розкривають, але відомо, що обсяг інвестицій становитиме \$1,74 млрд.

Тобто це велике підприємство з можливостями, які набагато перевищують власні потреби компанії. Тому, очевидно, планують експорт його продукції.

авод у Джералдтоні почне працювати на технології NG-DRI, надалі планують перехід на H2-DRI. Обидва підприємства GSWA мають намір використовувати енергію ВДЕ, тобто це відразу буде повністю «зелене» виробництво. Обладнання для них поставить і змонтує Danieli.

Це хороша стратегія із сучасною концепцією. Як відомо, невеликим EAF-заводам простіше підлаштовуватися під ринкові реалії та запити споживачів.

У них більш гнучкий маркетинг порівняно з великими виробниками, ну а DRI в умовах декарбонізації потрібен усім і всюди. І насамперед металургійним компаніям Південно-Східної Азії, які зовсім скоро почнуть шукати заміну традиційному чавуну.

## Ставка на «зелене» залізо

BlueScore обрала інший шлях. До 2030 року компанія знизить викиди CO2 на 12% порівняно з базовим 2018 роком для Score 1 і 2 і на 30% для Score 3.

Досягти цього передбачається за рахунок збільшення частки брухту в сировині до 30% порівняно з поточним 25,4%. Також планується часткова заміна вугілля в BF на біовугілля і нарощування використання вугільного пилу PCI замість коксу.

Надалі BlueScore відмовиться від доменного виробництва на користь «зеленого» заліза, одержуваного в електроплавильних печах ESF із використанням H2 і ВДЕ. Наразі триває розроблення відповідної технології.

У проєкті NeoSmelt також задіяні місцеві корпорації Rio Tinto і BHP. У грудні 2024 року консорціум вибрав промзону Квінана на південь від Перта для будівництва дослідно-промислової ESF потужністю 40 тис. т на рік.

Її введення в експлуатацію заплановано на 2028 рік.

Успіх досліджень складно прогнозувати. До того ж комерційне впровадження технології H2-ESF-BOF залежатиме від наявності «зеленого» водню за доступними цінами.

Тому BlueScore у своїй дорожній карті не ставить цільових орієнтирів після 2030 року, обмежуючись прагненням досягти вуглецевої нейтральності до 2050 року.

Участь найбільших залізрудних експортерів Rio Tinto і BHP у NeoSmelt не випадкова. Як відомо, вони серед головних постачальників для металургів у Південно-Східній Азії.

Зараз там практично скрізь переважає BF-BOF технологія, але виклики декарбонізації диктують необхідність переходу або на EAF, або на водневе виробництво чавуну.

Отже виникає потреба в нових видах «зеленої» залізрудної сировини. Наприклад, DRI. Але її проблематично транспортувати на відстані, що відокремлюють Австралію від Китаю, Японії, Південної Кореї – втрачаються властивості матеріалу.

“ До того ж, за словами головного виконавчого директора BHP Australia Джеральдін Слеттері, австралійський DRI не витримає конкуренції. «Навіть за щедрої політичної підтримки собівартість виробництва буде вдвічі вищою, ніж на Близькому Сході або в Китаї, а клієнти перебувають за тисячі кілометрів», – наголосила вона, виступаючи на австралійсько-китайському економічному форумі в Шанхаї в липні цього року. Інша справа «зелене» залізо. “

Тому третій найбільший залізрудний експортер Fortescue також займається аналогічним проєктом. Корпорація інвестувала \$50 млн у будівництво експериментальної ESF у Крістмас-Крік (штат Західна Австралія).

Її запуск має відбутися до кінця нинішнього року.

Тепер залишається спостерігати, хто першим зуміє вийти на промислову експлуатацію H2-ESF: NeoSmelt чи Fortescue? У будь-якому разі «зелене» залізо справді може стати основою національного металургійного експорту з огляду на можливості Австралії у сфері ВДЕ та виробництва H2. По суті, воно відкриє нову еру для світової сталеливарної галузі.

**2,07 т**  
на 1 т сирової сталі становлять  
викиди меткомбінатів Австралії

# Австралійська «зелена» сталь: два вектори

## Державна підтримка «зеленого» переходу

У IV кварталі 2024 року частка вугільної та газової генерації вперше знизилася нижче 50% від загального обсягу виробництва електроенергії в Австралії, а до 2050 року її мають повністю замінити ВДЕ.

Водночас уже до 2030 року планується введення в експлуатацію 32 ГВт нових «зелених» потужностей. Їхня частка сягне 82%.

Таким чином у найближчому майбутньому буде створено енергетичну основу для декарбонізації економіки, зокрема металургії. Виробництво H<sub>2</sub>, DRI, виплавка чавуну і сталі в ESF і EAF – усі ці процеси зможуть на 100% використовувати екологічно чисту електроенергію.

Але в кожного питання є своя ціна. У 2024 році оптова вартість електроенергії в Австралії злетіла на 83%. Причини: зниження доступності вугільної енергії в умовах високого попиту і мережеві обмеження в передаванні електроенергії.

Очевидно, що подальше підвищення частки ВДЕ в енергобалансі спричинить ще більше подорожчання електроенергії як для побутових споживачів, так і для промислових. Потім за рахунок ефекту масштабу вартість «зеленої» електроенергії почне знижуватися, але спочатку всім доведеться пережити ціновий шок.

Тому для населення уряд передбачив субсидії в розмірі \$300 для одного домогосподарства. Загалом на ці цілі у 2025–2027 роках виділяють \$3,5 млрд.

Бізнес такої прямої підтримки не отримає. Однак влада спрямує на розвиток енергосектору \$73 млрд.

Кошти призначені на прокладання нових електромереж і модернізацію наявних. Це має зняти проблему мережевих обмежень, підвищити диспетчерську потужність енергосистеми і доступність електроенергії для промисловості.

Крім того, сильну державну підтримку отримає H<sub>2</sub> індустрія. Відповідно до Національної водневої стратегії, затвердженої в липні 2024 року, виробникам «зеленого» H<sub>2</sub> із 2027 року надаються податкові кредити в розмірі \$2000/т. Цей вид субсидування діятиме до 2040 року.

Беручи до уваги поточну середню вартість \$5000/т для Австралії, за даними департаменту енергетики, доквілля та зміни клімату, це досить істотно.

Проте з урахуванням витрати 58 кг H<sub>2</sub> на 1 т DRI цей продукт виходить на 74% дорожчим, аніж традиційна залізородна сировина. Знизити його вартість має все той же ефект масштабу.

Завдяки розширенню виробництва вартість H<sub>2</sub> до 2050 року має знизитися до менш ніж \$1000/т. За таких цін стає можливим експорт до Японії та Південної Кореї, які планують значні обсяги водневого імпорту для декарбонізації своїх економік.

Також у межах стратегії федеральний уряд через Фонд розвитку водневої енергетики надає \$327 млн на створення водневих хабів у Новому Південному Уельсі, Квінсленді, Південній Австралії, Тасманії та Західній Австралії.

Серед інших чинних ініціатив, якими можуть скористатися меткомпанії, можна виокремити такі:

- Національний фонд реконструкції (NRF) виділяє \$1,96 млрд на фінансування відновлюваних джерел енергії та технологій із низьким рівнем викидів CO<sub>2</sub>. До цієї категорії належать проекти декарбонізації Liberty Steel і BlueScope, а також проєкт GSWA.

- Додатково \$650 млн спрямовується на створення доданої вартості в ресурсах. Цією програмою можуть скористатися NeoSmelt і Fortescue.
- Австралійське агентство з поновлюваних джерел енергії (ARENA) адмініструє програми обсягом \$197 млн для підтримки переходу на ВДЕ й технології з низьким рівнем викидів, а також енергоефективність.
- Інвестиційний фонд Green Iron Fund федерального уряду, створений у березні 2025 року в межах програми Future Made in Australia plan, отримав \$1 млрд для пайового фінансування проєктів декарбонізації металургії.

Важливо підкреслити, що це не просто декларація намірів, а цілком робочі ініціативи. Так, Liberty Steel Australia для будівництва EAF у Вайаллі змогла отримати \$63,2 млн від федеральної влади і \$50 млн від влади штату Південна Австралія.

Це понад 20% вартості проєкту. У повідомленні федерального уряду вказано, що загалом для Liberty Steel виділяють до \$500 млн із Green Iron Fund.

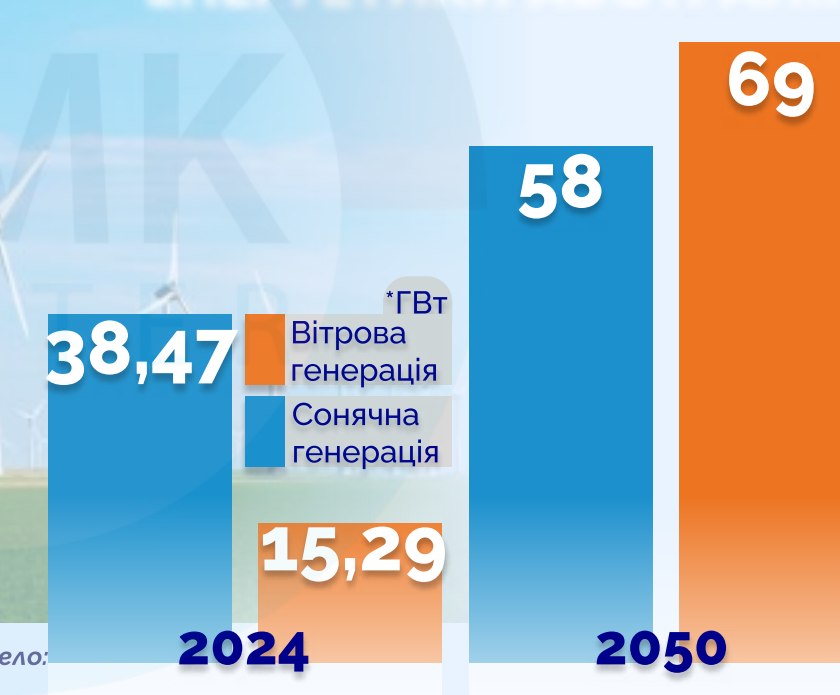
Очевидно, що сума охоплює і проєкт заводу H<sub>2</sub>-DRI. Таким чином, австралійська сталеливарна промисловість має всі передумови для успішної декарбонізації завдяки величезному ресурсному потенціалу у сфері ВДЕ та H<sub>2</sub>, а також потужній державній підтримці.

Однак від уряду будуть потрібні додаткові заходи у вигляді тарифного захисту внутрішнього ринку за аналогією з європейським СВМ. Без них майбутнє галузі під питанням навіть після завершення «зеленого» переходу.

## ЕНЕРГОБАЛАНС АВСТРАЛІЇ У 2024 РОЦІ



## ПРОГНОЗ РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ АВСТРАЛІЇ\*



### 32 ГВт

нових «зелених» потужностей планується запустити в експлуатацію в Австралії до 2030 р.

# «Зелена» сталь Бразилії: наскільки це можливо?

## Локальні гравці, а не глобальні компанії можуть забезпечити успіх декарбонізації бразильської металургії

Сталеливарний сектор Бразилії вже зараз запросто міг би мати “зелений” статус. Ще у 2023 році 93% усієї виробленої тут електроенергії (e/e) припадало на відновлювані джерела (ВДЕ), за даними Global Energy Monitor.

Країна також має у своєму розпорядженні другі за величиною світові запаси високоякісної залізної руди (Fe60-67), яка не потребує додаткового збагачення. Нарешті, тут є досить розвинений газовидобуток. Плюс можливості імпорту газу із сусідньої Аргентини.

Таким чином, є все для побудови близькосхідної моделі, за якої 100% сталі виплавляється за технологією NG-DRI-EAF із середніми викидами 1,3–1,4 т CO<sub>2</sub> на 1 т готової метпродукції.

Проте на EAF у Бразилії зараз припадає лише 24% сталевих потужностей. Решта 76% – BF-BOF. При тому, що все вугілля і кокс, необхідні для їхньої роботи, місцевим металургам доводиться імпортувати.

Як результат середні викиди CO<sub>2</sub> у бразильській металургії становлять 1,7 т. І знизити їх проблематично з низки причин.

## На периферії державної політики

Чому EAF не набули у Бразилії широкого поширення? По-перше, через відсутність ресурсної бази.

Обсяги збору брухту відносно невеликі і, як не дивно це звучить, тут немає жодного заводу з виробництва DRI.

І це за величезних інвестиційних можливостей корпорації Vale SA, найбільшого світового експортера залізної руди. Ситуація виглядає парадоксально.

Але...

Випуск DRI тут нерентабельний через дорожнечу природного газу. За даними бразильського дослідницького центру Energy Transition, країна посідає третє місце у світі за цінами на газ.

Дорожчий він тільки у Швеції та Фінляндії. Складні умови видобутку – не найбільший визначальний фактор. Головна проблема у відсутності газового ринку.

Державна корпорація Petrobras є абсолютним монополістом у сфері поставок. Відповідно, розраховувати на конкурентні ціни металургам не доводиться. Плюс надзвичайно високі податки.

У ціні газу для споживачів на них припадає приблизно 26%. Ось чому Vale інвестує в найбільший комплекс із виробництва 12 млн т DRI/HBI на рік у Саудівській Аравії, а компанія Ternium планує будівництво DRI заводу в Мексиці, але не в самій Бразилії.

По-друге, EAF дають змогу випускати більш якісну сталь, але вона обходиться дорожче, ніж за доменно-конвертерної технології. Тому не витримує конкуренції з дешевою імпортною метпродукцією.

Її якраз і постачають зарубіжні BF-BOF комбінати, переважно з Китаю. Зараз вони можуть робити це безперешкодно, оскільки тарифного захисту внутрішнього ринку практично немає.

Так, у 2024 році сталевий імпорт до Бразилії злетів на 24%, до рекордних 6,23 млн т. З них 92% надійшло з КНР.



# «Зелена» сталь Бразилії: наскільки це можливо?

І це не ситуативний сплеск. Це багаторічна тенденція.

Відповідно, у бразильських виробників немає стимулів для збільшення частки EAF у загальному обсязі виробництва.

Отже, немає передумов для зростання попиту на DRI, основну сировину для електродугової виплавки сталі.

Наступне запитання: чому так відбувається? Ймовірно, причина в тому, що на сталеливарний сектор припадає лише 4% бразильських викидів CO<sub>2</sub>, тоді як на агросектор – 65%.

Тому в межах національної політики декарбонізації, яка ставить за мету досягнення безвуглецевої економіки до 2050 року, металургія не серед пріоритетів.

Президент Бразилії Луїс Інасіу Лула да Сілва в публічних виступах неодноразово заявляв про необхідність виробництва «зеленої» сталі в країні.

Проте презентований у 2024 році План дій із промислової декарбонізації не стосується безпосередньо сталеливарної галузі.

В оновленому документі про національний рівень викидів (NDC) Бразилії від жовтня 2023 року не визначено конкретних заходів щодо пом'якшення наслідків, а також цільових показників викидів для металургії.

## Плани компаній

Плани декарбонізації у бразильських меткомпаній досить консервативні й ґрунтуються на доступності місцевих ресурсів.

- Найбільший виробник ArcelorMittal Brasil зобов'язався до 2030 року скоротити викиди на 10% порівняно з базовим 2018 роком. Досягти цього планують завдяки розширенню використання брукхту і природного газу в BF, а також оптимізації використання деревного вугілля.
- Другий за величиною виробник Gerdau взагалі не встановив цільових показників скорочення емісії. Втім, якраз ця компанія може дозволити собі не поспішати. Її середні викиди становлять 0,93 т CO<sub>2</sub>, оскільки виплавка сталі ведеться в EAF і 73% сировини тут припадає на брукхт. Також Gerdau має високу енергоефективність і використовує деревне вугілля.
- Компанія Ternium має намір знизити викиди CO<sub>2</sub> на 20% до 2030 року. Для цього передбачається збільшення використання брукхту і ВДЕ, підвищення енергоефективності, часткова заміна вугілля деревним вугіллем.
- Великий виробник плоского прокату Usiminas до 2030 року скоротить викиди на 15% порівняно з 2019 роком. Будуть використовуватися ті самі інструменти, що й у Ternium. Usiminas у 2024 році інвестувала \$538 млн у модернізацію BF на комбінаті Ipatinga, на яку припадає 70% викидів компанії.
- Корпорація CSN до 2030 року зменшить парникову емісію на 10% і на 20% до 2035 року порівняно з 2018 роком завдяки підвищенню експлуатаційної ефективності.

CSN Group як пілотний проєкт впровадила вдування H<sub>2</sub> у випалювальну піч на своєму цементному заводі у США.

Тепер розробник UTIS спробує адаптувати цю технологію для доменного виробництва у Бразилії.

Залізорудний дивізіон CSN скоротить викиди CO<sub>2</sub> на 30% до 2035 року і на 100% до 2044 року.

- Корпорація Vale до 2030 року зменшить парникову емісію Scope 1 і 2 на 33% порівняно з 2017 роком. До 2050 року – на 100%. Зокрема за рахунок збільшення використання ВДЕ до 100% порівняно з 84% у 2024 році. У 2022 році корпорація запустила в експлуатацію CEC Sol do Cerrado (штат Мінас-Жерайс) потужністю 766 МВт, одну з найбільших у Латинській Америці.

Серед інших напрямів декарбонізації – заміна вугілля в агломераційних печах на біовугілля. Vale має намір скоротити викиди CO<sub>2</sub> категорії Scope 3 на 15% до 2035 року.

Способи досягнення: електрифікація автомобільного і залізничного транспорту, використання біоетанолу і біодизеля як автомобільного й суднового палива.

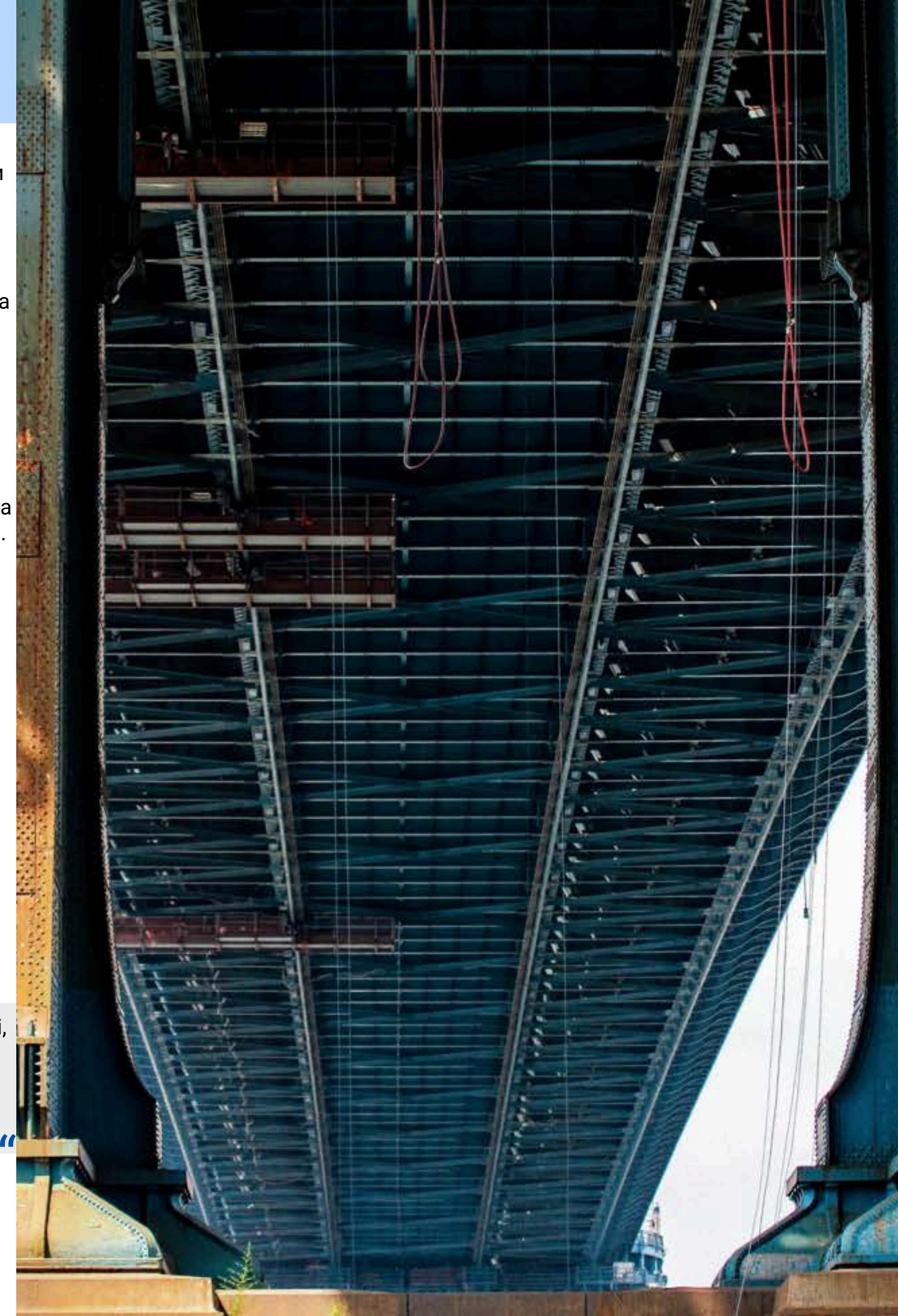
## Проблеми наростають

Більшість бразильських меткомпаній або взагалі не декларують вуглецеву нейтральність, або не мають середньострокових і довгострокових стратегій для реалізації цієї мети.

Причому більше амбіцій все-таки у місцевих гравців, а не глобальних.

“«Ми не збираємося ставити перед собою цілі, яких не зможемо досягти», – заявив виконавчий директор асоціації «Бразильський інститут сталі» (IABr) Марко Поло де Мелло Лопес.

У середині серпня Gerdau оголосила про скорочення інвестицій через наплив китайської сталі.



# «Зелена» сталь Бразилії: наскільки це можливо?

За словами генерального директора компанії Густаво Вернека, це рішення відображає недобросовісну конкуренцію з боку зарубіжних виробників, а також відсутність в уряді заходів торговельного захисту, спрямованих на блокування поставок субсидованої сталі з Китаю.

У першій половині цього року Gerdau вже закрила завод у Мінас-Жерайс і скоротила 1500 співробітників. Інші заводи компанії працюють на межі своїх можливостей, наголосив Вернек.

За його словами, якщо імпорт сталі до Бразилії зростатиме, то компанії доведеться вдатися до додаткових скорочень.

Одночасно Gerdau розширить діяльність у США з огляду на більш стабільну і передбачувану кон'юнктуру на північноамериканському ринку.

Очевидно, що у зв'язку з цим бразильським компаніям наразі складно планувати та здійснювати декарбонізацію. Постало питання про виживання галузі. І в такі умови її загнала власна держава.

Не виключено, що бразильські чиновники вважають місцеву металургію і так досить «зеленою». Середні викиди під час виплавки сталі становлять 1,7 т CO<sub>2</sub>, але це правильно лише частково.

Нижчий показник виходить завдяки використанню в BF деревного вугілля замість металургійного. Втім, не всі поділяють цю точку зору.

Наприклад, у Євросоюзі цей матеріал не розглядають як екологічно чистий через емісію під час його виробництва, а також вплив на клімат від вирубки лісів.

Якщо керуватися європейською методикою оцінки, то середні викиди CO<sub>2</sub> у бразильській металургії на рівні 2,0 т. І, якщо вже на те пішло, відмова від кам'яновугільної крихти на користь деревного вугілля в доменних печах – це величезний крок назад, повернення до технологій XVIII століття.

Також треба врахувати звуження можливостей застосування деревного вугілля в межах політики захисту лісів. Тому розраховувати на цей ресурс у довгостроковій перспективі компанії в будь-якому разі не можуть.

Україна: привід задуматися  
Можна припустити, що закрити свій сталевий ринок митами бразильська влада не поспішає через низьку собівартість місцевої продукції.

За даними Energy Transition, країна посідає третє місце у світі за дешевизною металургійного виробництва завдяки своїм запасам високоякісної залізної руди.

Але так виходить якраз за рахунок комбінатів BF-BOF, які у процесі декарбонізації треба закрити й будувати замість них EAF-заводи або переводити на водневі технології спільно із CCUS. І той, і інший варіанти вимагають колосальних інвестицій – \$29,19 млрд, за підрахунками IABr.

Виникає питання: звідки у меткомпаній візьмуться такі кошти, якщо на внутрішньому ринку вони протистоять дешевому імпорту? У такому разі конкурувати можна тільки за низької маржинальності продажів.

І, відповідно, низької рентабельності. Але і це не все. Досить скоро інвестиційні можливості бразильських металургів звужаться ще більше.

З 12 грудня 2024 року у країні набув чинності закон 15.042/2024, яким запроваджується загальнонаціональна система торгівлі парниковими викидами (SBCE).

Підготовчий етап триватиме до 12 грудня 2028 року. До цієї дати від компанії вимагається тільки звітність щодо емісії CO<sub>2</sub>, потім за викиди доведеться платити. Це, з високою ймовірністю, зробить BF-BOF виробництво збитковим.

Варто зазначити, що схожа ситуація складається в Україні. Обидві країни мають у своєму розпорядженні достатні залізрудні ресурси для сталеливарної промисловості, але і там, і там відчувається брак брухту, необхідного для EAF-переходу.

Для української металургії ринок ЄС має таке ж велике значення, як американський – для бразильців. І доступ на ці ринки жорстко обмежений.

Для Бразилії – чинними митами Трампа, для України – перспективою запровадження європейського СВМ.

Тому українські металурги також стоять перед необхідністю декарбонізації. І тут влада також продовжує роботу над запуском системи торгівлі квотами на парникові викиди (СТВ).

Але при цьому як і в Бразилії на внутрішній сталевий ринок дуже тисне імпорт. Відповідно, сталеливарна галузь України ризикує опинитися в тій самій пастці, що й у Бразилії.

**\$29,19 млрд**  
коштуватиме декарбонізація бразильської металургії

## Країни GCC можуть відіграти важливу роль у декарбонізації глобальної металургії

Відсутність BF-BOF потужностей дає можливість компаніям у країнах Ради співробітництва Затоки (GCC) уже зараз виплавляти низькоемісійну сталь із середніми викидами 1,13 т CO<sub>2</sub> на 1 т готової продукції.

У них є все для переходу до повністю безвуглецевого виробництва: величезні інвестиційні ресурси плюс колосальний потенціал у сфері відновлюваної енергетики. Якщо хтось у світі має стати першим, кому це вдасться, то це будуть країни GCC.

Але вони можуть навіть більше. Причому вже зараз. Дешева електроенергія плюс практично безкоштовний природний газ, запаси якого неймовірні, – ось що дає можливість державам Затоки вийти на провідні позиції у світовому виробництві DRI.

Основним ринком збуту може стати Євросоюз, де після введення CBAM гостро постане питання заміни чавуну низьковуглецевою сировиною для виплавки сталі.

### Крок 1: повний перехід на ВДЕ

Попри схожі стартові можливості, темпи декарбонізації у країн GCC помітно відрізняються.

Саудівська Аравія і Бахрейн задекларували наміри досягти нульових викидів CO<sub>2</sub> в економіці до 2060 року, ОАЕ й Оман – до 2050 року, тоді як Катар і Кувейт ставлять більш скромні завдання: до 2035 року скорочення емісії на 25% і на 7,4% відповідно.

Обсяги передбачуваних інвестицій теж різні.

Відповідно і металургійні компанії в GCC формують дорожні карти з урахуванням загальнодержавних орієнтирів.

Зараз металургія Затоки – це на 100% EAF-заводи, що використовують в основному DRI для виплавки сталі. Навіть плоский прокат на саудівському комбінаті Al-Ittefaq Steel Co. (ISPC) випускають з електросталі.

Відсутність вугілля в технологічному ланцюгу зумовлює низькі викиди CO<sub>2</sub>. У саудівських ISPC і Hadeed – 1,4 т на 1 т готової сталі, у Qatar Steel – 1,34 т, в Emirates Steel – 0,67 т (Scope 1 і Scope 2), в оманській Jindal Steel Sohar – 1,05 т.

Це дає можливість металургам із GCC презентувати свою продукцію як «зелену». З огляду на середньосвітовий показник 1,37 т для процесу DRI-EAF у них дійсно непогані позиції, але є і потенціал для подальшого поліпшення.

Вкрай низький вуглецевий слід в Emirates Steel пояснюється тим, що компанія використовує 86% електроенергії з відновлюваних джерел (ВДЕ).

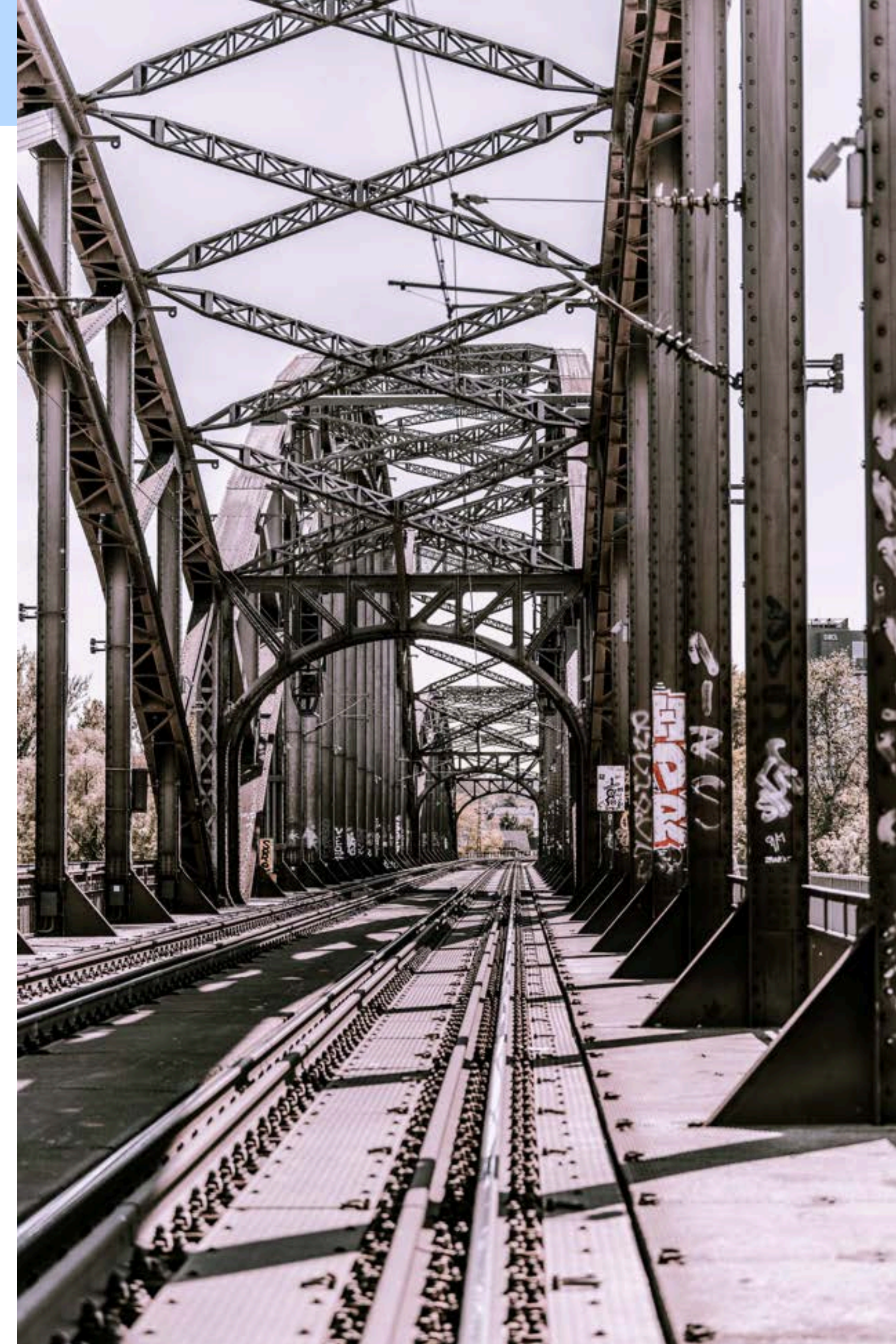
Водночас Qatar Steel поки взагалі не залучила їх у своєму виробництві, і в дорожній карті компанії на 2022–2026 роки навіть не прописані відповідні плани.

Звідси й дворазова різниця в показниках викидів. Тим часом очевидно, що повний перехід на ВДЕ – завдання найближчого майбутнього для всіх сталевих виробників GCC.

Це не видається складним завданням з урахуванням величезних фінансових ресурсів у країнах Затоки і природних можливостей.

Рівень сонячного випромінювання в регіоні 2200–2500 кВт-год/м<sup>2</sup> – один із найвищих у світі. Це ідеальне поєднання для розвитку сонячної енергетики. І вона розвивається, але скрізь по-різному.

- Потужність ВДЕ в Саудівській Аравії у 2024 році становила 4,5 ГВт. До кінця 2026 року заплановано завершення будівництва ще 11 СЕС сумарною потужністю 11,4 ГВт. До 2030 року частка ВДЕ в загальному енергобалансі має сягнути 50%. Один із найбільших проєктованих об'єктів – СЕС Al Shuaiba 2 потужністю 2,03 ГВт.
- Потужність ВДЕ в ОАЕ у 2024 році становила 6,3 ГВт, частка в енергобалансі – 27,8%. До 2030 року показник зросте до 32%. Втім, він може ще більше збільшитися, якщо влада забезпечить реалізацію знакових проєктів: будівництво двох СЕС в Абу-Дабі по 1,5 ГВт кожна і четвертої черги MBR solar park на 1,8 ГВт.
- Катар у квітні цього року відкрив комплекс із двох СЕС сумарною потужністю 0,875 ГВт. Вартість проєкту \$630 млн. Загальний потенціал ВДЕ завдяки цьому сягнув 1,675 ГВт. До 2030 року він має збільшитися до 4 ГВт, здебільшого за рахунок будівництва СЕС Dukhan на 2 ГВт. Його планують завершити у 2029 році. Після цього частка ВДЕ в енергобалансі Катару підвищиться до 35%.
- В Омані в поточному році запрацювали дві СЕС по 500 МВт кожна. Частка ВДЕ в енергобалансі сягнула 10%. У червні цього року Міненерго країни повідомило про старт проєктів із будівництва двох ВЕС (Оман – єдина країна в регіоні з потенціалом розвитку вітроенергетики) загальною потужністю 2 ГВт. Їх введення в експлуатацію заплановано на кінець 2027 року. До 2030 року частка ВДЕ має зрости до 30%.



# «Зелена» сталь Затоки: погляд у майбутнє

- Національний план дій щодо відновлюваних джерел енергії Бахрейну передбачає вихід на 5% ВДЕ в енергобалансі у 2025 році завдяки будівництву СЕС Шамс Аль-Дур. Це перший такий об'єкт на території королівства. До 2035 року показник збільшиться до 10%. Поки ж енергетика Бахрейну – на 100% газова генерація.
- Кувейт у 2022 році отримував із ВДЕ всього 0,3% виробленої електроенергії при цільовому орієнтирі 5%. Тим часом до 2030 року він має сягнути 15%. Зараз у країні є єдина СЕС на 30 МВт в Аль-Джахрі, причому вона запрацювала тільки в поточному році. У ЗМІ повідомляли про пропозицію певної групи інвесторів побудувати в Кувейті комплекс СЕС на 5 ГВт, але ініціатива не знайшла підтримки у влади.

Таким чином, у регіоні є явні лідери у сфері декарбонізації металургії і є відсталі.

І це прямо пов'язано з державною політикою щодо розвитку відновлюваної енергетики.

## Крок 2: перехід на водень

Сировиною для виробництва DRI в країнах Затоки є імпортна залізна руда і місцевий природний газ, запаси якого колосальні.

Тому регіон є світовим лідером у цій сфері. Відповідно, значна частка викидів CO<sub>2</sub> в метпродукції країн припадає на виробництво DRI – 0,89 т на кожен т.

Тому наступним етапом декарбонізації буде заміна природного газу в нагрівальних печах на водень.

Зараз офіційно затверджені дорожні карти розвитку водневої інфраструктури є у Саудівської Аравії, ОАЕ й Оману.

Останній утримує регіональне лідерство у сфері виробництва H<sub>2</sub>: тут розташовані 5 із 10 найбільших нинішніх і майбутніх заводів на Близькому Сході, які мають ввести в експлуатацію до 2030 року.

Програма Oman Vision 2040 передбачає \$140 млрд інвестицій у водневу економіку до 2050 року. Це дасть можливість виробляти не менше 1 млн т «зеленого» водню на рік до 2030 року, до 3,75 млн т – до 2040 року і до 8,5 млн т до 2050 року.

Таким чином султанат не тільки забезпечить потреби для повної декарбонізації своєї промисловості, включно з металургією, а й зможе експортувати цей ресурс. Перш за все в Євросоюз.

В ОАЕ планують виробляти 1,4 млн т H<sub>2</sub> на рік до 2031 року зі зростанням виробництва до 15 млн т до 2050 року.

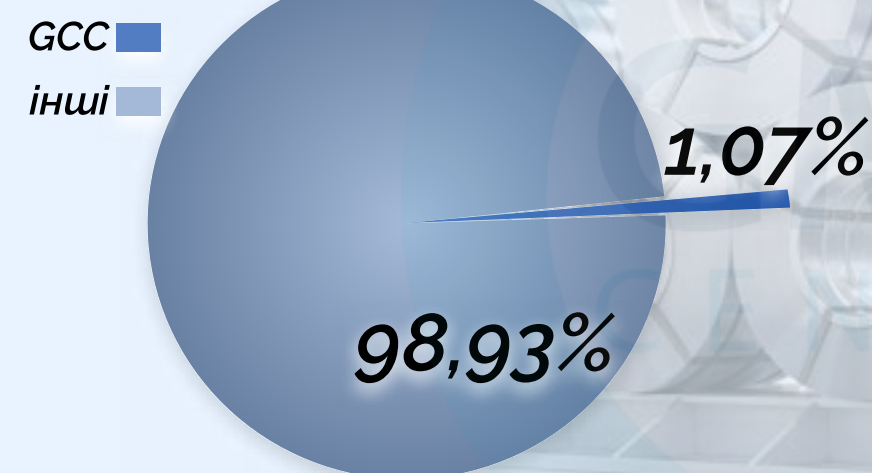
До 2031 року там завершиться будівництво двох водневих заводів, які працюватимуть на ВДЕ. До 2050 року кількість заводів збільшиться до п'яти.

Саудівська Аравія має намір до 2030 року випускати 1,2 млн т «зеленого» водню. До 2050 року в королівстві набагато амбітніша мета: покривати 37% глобального попиту на H<sub>2</sub>.

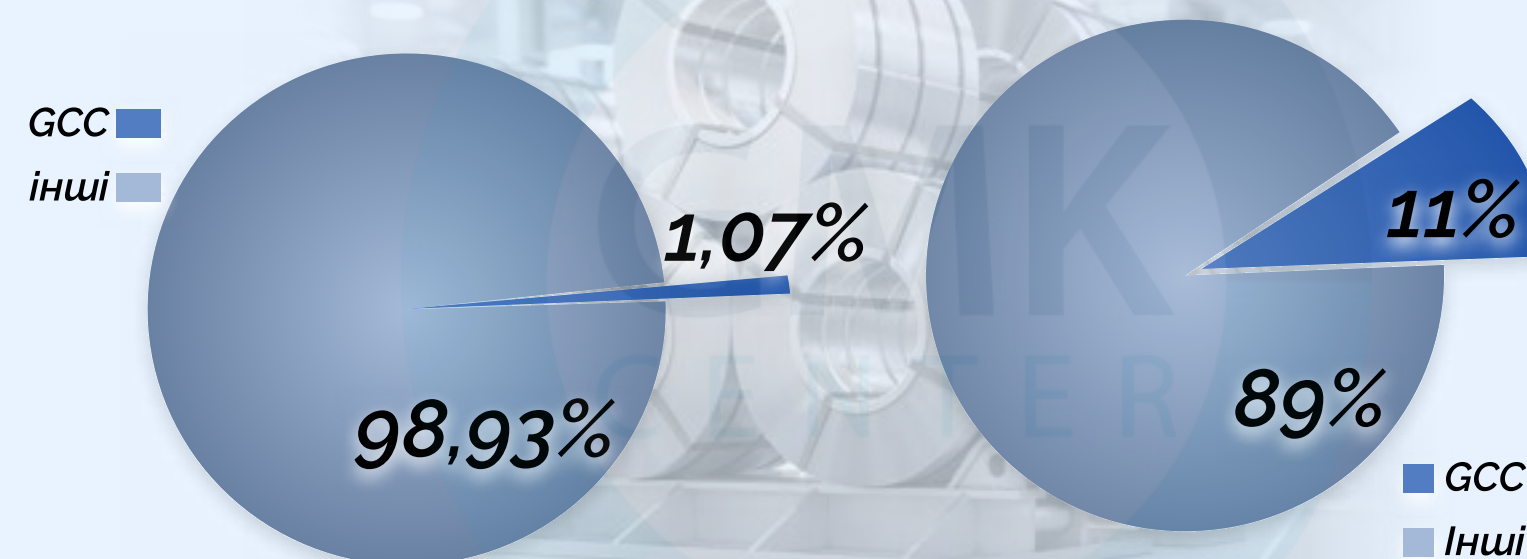
Зараз там на стадії реалізації перебуває перший проєкт із декарбонізації промисловості.

Він стосується не металургії, а виробництва мінеральних добрив. Ідеться про проєкт NEOM вартістю \$5 млрд, який охоплює «зелений» енергокомплекс на 4 ГВт, заводи з виробництва «зеленого» H<sub>2</sub> і «зеленого» аміаку. Очікують, що перша продукція надійде на ринок у 2027 році.

## ЧАСТКА КРАЇН GCC У СВІТОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ СТАЛІ\*



## ЧАСТКА КРАЇН GCC У СВІТОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ DRI\*



Джерело: WORLD STEEL

# 0,89 Т

CO<sub>2</sub> складають середні викиди підприємств в GCC на виробництві DRI

# «Зелена» сталь Затоки: погляд у майбутнє

У Бахреїні та Кувейті зараз немає виробництва H<sub>2</sub>, у Катарі річна потужність 1,2 млн т, але це «сірий» водень, без уловлювання вуглецевих викидів.

## Крок 3: уловлювання CO<sub>2</sub> і нові проекти

GCC має величезний потенціал для CCUS. Ідеться про відпрацьовані нафтогазові свердловини, які зручно використовувати для зберігання твердого вуглецю після уловлювання та утилізації CO<sub>2</sub>.

Не потрібно витрачатися на облаштування спеціальних сховищ. Проте для місцевої металургії це поки не надто привабливий варіант.

Чому – можна побачити на прикладі найбільшої регіональної економіки. Такий великий діапазон, від \$11 до \$76/т, пояснюється різним ступенем концентрації CO<sub>2</sub> в димовому газі.

При виробництві мінеральних добрив вона максимальна, тому його уловлювання не передбачає особливої складності.

Водночас при виплавці сталі CO<sub>2</sub> утворюється в дуже розрідженому вигляді. Відповідно, це додаткові витрати на його збір.

Тому в регіональній металургії поки є тільки один чинний проект CCUS. Його реалізують Emirates Steel спільно з нафтогазовою корпорацією ADNOC.

Установка CCU розташована на метзаводі в Аль-Рейаді і дає можливість щорічно уловлювати до 800 тис. т CO<sub>2</sub>.

Отриманий вуглець надалі транспортують для захоронення на нафтові родовища ADNOC в Румаїте і Баб.

Наступним має стати проєкт оманської Jindal Shadeed, розпочатий у 2023 році.

Він передбачає будівництво установки для уловлювання та переробки CO<sub>2</sub> у твердий вуглець потужністю 2,7 тис. т на рік.

Це дасть можливість щорічно нейтралізувати 700 тис. т парникових викидів. Вихід обладнання на проєкту продуктивність заплановано на 2027 рік.

Також варто зазначити, що на відміну від Індії, де щодо сталевих потужностей діє принцип «спочатку будувати, потім декарбонізувати», всі нові метзаводи в GCC одразу проєктують з урахуванням вуглецевої нейтральності.

- Jindal Shadeed буде завод із випуску 5 млн т «зеленої» сталі на рік у Дукмі. У виробництві будуть використовувати «зелений» H<sub>2</sub> і ВДЕ. Завершення будівництва заплановано на 2026 рік.
- Saudi Aramco і Державний інвестиційний фонд Саудівської Аравії спільно з китайською Baosteel будують комбінат потужністю 1,5 млн т сталевого листа на рік.

Його обладнання (електросталеплавильні печі та печі для DRI) буде сумісне з воднем без потреби додаткової модифікації.

- Бразильська Vale побудує в Саудівській Аравії великий комплекс із виробництва 12 млн т СВІ на рік у промисловій зоні Ras-al-Khair. У січні цього року Vale підписала договір із місцевою владою про оренду земельної ділянки під ці цілі. Спочатку виробництво працюватиме на природному газі, надалі – на H<sub>2</sub>.
- Bahrain Steel планує до 2028 року наростити випуск DRI до 24 млн т порівняно з 12 млн т у 2019 році. З цього додаткового обсягу 4 млн т призначаються для майбутнього меткомбінату індійської Essar Group у Ras-al-Khair. Очікується, що перша продукція надійде на ринок у 2027 році.
- Emirates Steel із 2027 року має запустити в експлуатацію новий завод із випуску 2,5 млн т DRI на рік. Спочатку будівництво планували завершити до березня 2026 року, потім терміни змістилися, ймовірно, на прохання японської сторони. Очікується, що приблизно 50% майбутньої продукції будуть поставляти для нового заводу JFE Steel у Японії.

## СЕРЕДНЯ ВАРТІСТЬ УЛОВЛЮВАННЯ CO<sub>2</sub> ЗА СЕКТОРАМИ ЕНЕРГЕТИКИ ТА ПРОМИСЛОВОСТІ САУДІВСЬКОЇ АРАВІЇ\*



Джерело: Науково-технологічний університет імені короля Абдулла

# 800 ТИС. Т

CO<sub>2</sub> може щорічно уловлювати єдина в регіоні діюча установка CCU

## Виклики та ризики

Наприкінці травня поточного року інформгентство Bloomberg повідомило про труднощі NEOM зі збутом продукції.

За даними його джерел, компанії-оператору вдалося законтрактувати тільки половину майбутнього обсягу виробництва. У зв'язку з цим терміни запуску проекту в комерційну експлуатацію, швидше за все, будуть перенесені на більш пізній термін.

Очевидно, що знайти покупців на «зелену» сталь анітрохи не простіше, ніж на «зелений» аміак. Саме цим пояснюється обережність місцевих металургійних компаній у просуванні водневої технології.

Поки на пілотній стадії вона працює тільки на заводі Emirates Steel в Абу-Дабі. Там встановлені електролізери загальною потужністю 2,1 МВт. Вони виробляють 350,4 т «зеленого» H<sub>2</sub> на рік.

Продукт одразу ж подають у печі, де відбувається процес DRI. Це єдиний такого роду проект у регіоні MENA. І зараз немає передумов для його масштабування.

Сталевий ринок GCC характеризується високим ступенем відкритості. Із захисних заходів тільки в ОАЕ діють антидемпінгові мита на арматуру в розмірі 10%.

Це означає, що місцевим виробникам низькоемісійної сталі доводиться конкурувати з напливом дешевшої продукції з Південно-Східної Азії, яку випускають на комбінатах BF-BOF.

І вони цієї конкуренції не витримують.

У першій половині липня пропозиції саудівських заводів по товарній заготовці були на рівні \$496/т EXW (після зниження на \$16/т порівняно з червнем), тоді як китайські імпортери були готові поставляти по \$456–465/т SFR.

Тому якщо комусь і треба терміново вводити СВAM, то це GCC, а не Євросоюзу. У такому випадку «зелена» трансформація металургії Затоки може значно прискоритися.

Також ситуація може кардинально змінитися, якщо Саудівській Аравії (а слідом за нею і решті країн GCC) вдасться досягти мети щодо зниження вартості виробництва «зеленого» H<sub>2</sub> нижче \$2/кг до 2030 року.



## Країни регіону можуть скласти конкуренцію Затоці як постачальнику ресурсів для декарбонізації єврометалургії

Економічний потенціал держав Північної Африки спирається на ті самі ресурси, що й у GCC: багато сонця та нафти з газом.

Утім, нафти й газу тут усе-таки менше, ніж у Затоці. І це позначається на інвестиційних можливостях Єгипту, Алжиру, Лівії та Тунісу у просуванні до безвуглецевої економіки, включно з металургією.

Що стосується Марокко і Мавританії, то тут нафти й газу практично немає. Зате є значні запаси залізної руди. Як і в Лівії, Алжирі, Тунісі, Єгипті. Тому структура регіональної металургії ідентична тій, яка сформувалася в GCC.

Це виключно EAF-заводи, що працюють на DRI місцевого виробництва. Тобто на цьому етапі це цілком «зелена» продукція.

Зовсім скоро північноафриканський DRI стане дуже затребуваним у ЄС, після запровадження CBAM із січня 2027 року. Тоді єврометалурги потребуватимуть заміни для чавуну, що виплавляють у BF.

Це визначає тенденції розвитку сталеливарної промисловості на півночі Африки.

### DRI-драйвер

Останніми роками північноафриканські країни нарощують сталеву виплавку завдяки стійкому попиту на довгий прокат із боку будівельного сектору, але водночас виробництво DRI зростає випереджальними темпами.

Це вказує на його високий експортний потенціал. Надалі він ще більше зросте. Цьому сприятиме впровадження CBAM у Євросоюзі із січня 2027 року.

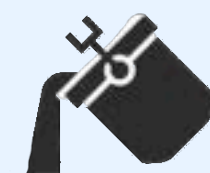
Тоді єврометалурги, щоб уникнути додаткових витрат, потребуватимуть заміни чавуну на низьковуглецевий матеріал для виплавки сталі. Північноафриканський NG-DRI цілком підходить для таких цілей.

Надалі він ще більше зросте. Цьому сприятиме впровадження CBAM у Євросоюзі із січня 2027 року.

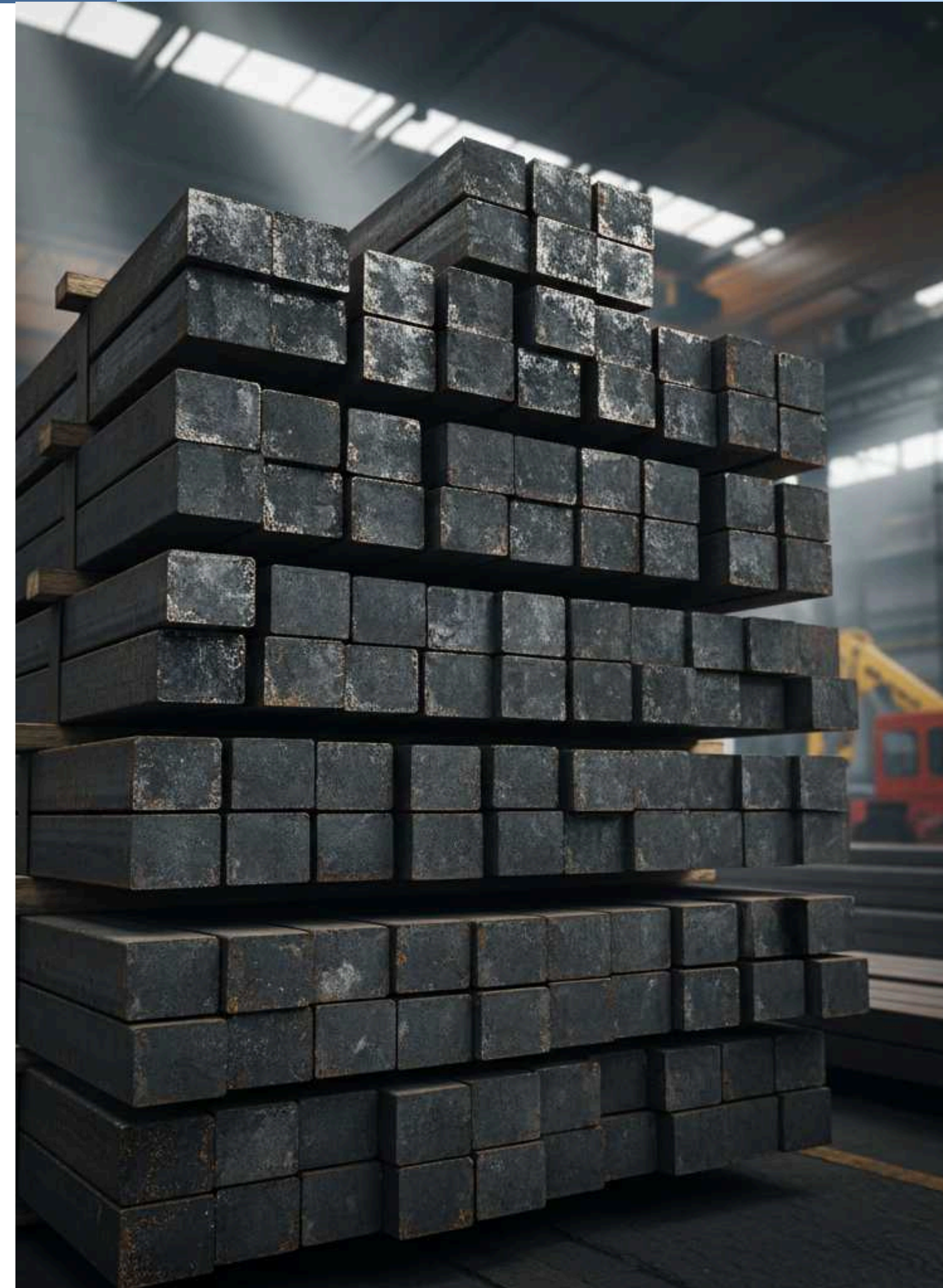
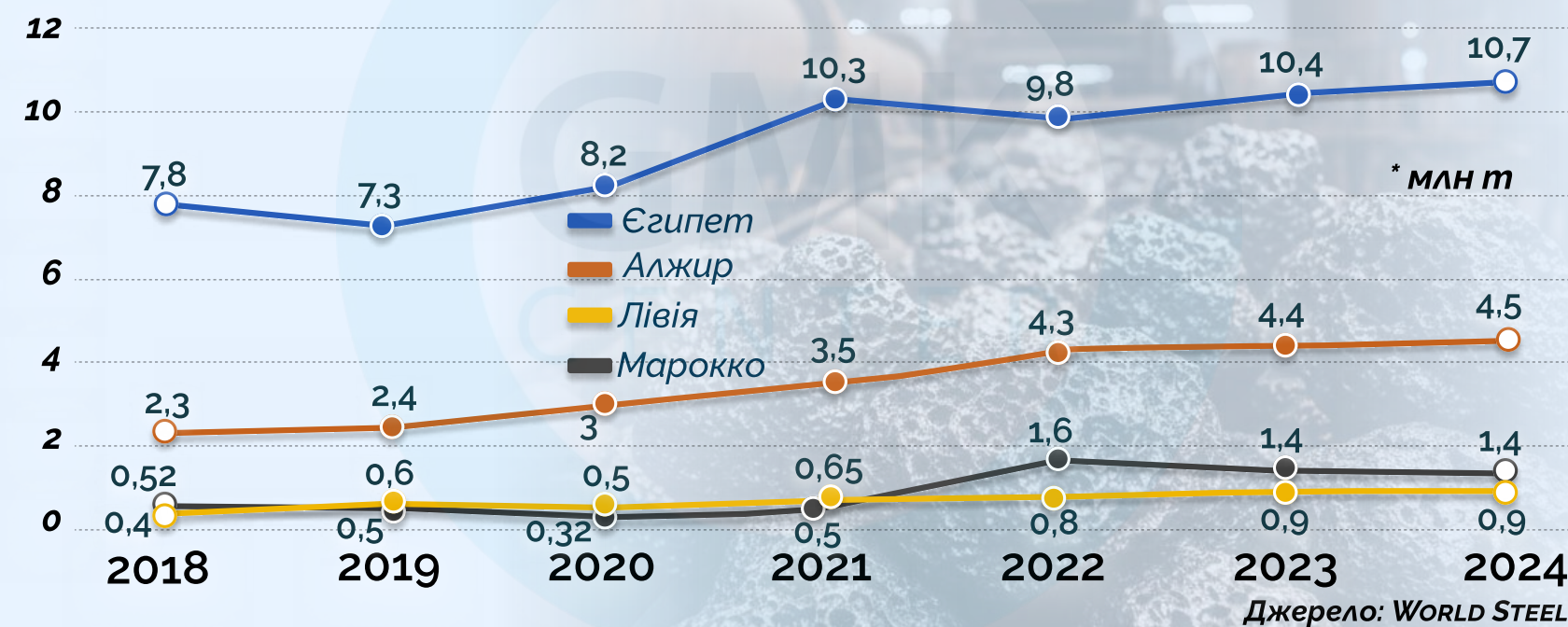
Тоді єврометалурги, щоб уникнути додаткових витрат, потребуватимуть заміни чавуну на низьковуглецевий матеріал для виплавки сталі. Північноафриканський NG-DRI цілком підходить для таких цілей.

Він має серйозну перевагу в конкуренції з близькосхідним завдяки географічній близькості Єгипту, Алжиру, Марокко тощо до Європи порівняно з регіоном Затоки.

- У Мавританії державна компанія SNIM, другий за величиною африканський видобувач залізної руди, спільно з консорціумом CWP Global мають намір побудувати завод DRI річною потужністю 2,5 млн т. Підприємство працюватиме в індустріальній зоні AMAN, де також планують збудувати BEC і CEC сумарно на 5,5 ГВт (перша стадія) і завод із випуску «зеленого» H<sub>2</sub>. Тобто це буде повністю безвуглецеве виробництво.
- У Єгипті планують будівництво заводу DRI потужністю 2,5 млн т вартістю €1 млрд із подальшим збільшенням до 4 млн т. Підприємство працюватиме на обладнанні німецької SMS Group в економічній зоні Суец.
- В Алжирі місцева компанія Copresud спільно з італійським консорціумом CEIP Scarl планують будівництво заводу DRI вартістю €1 млрд без зазначення потенційної потужності. Ймовірно, вона буде приблизно на рівні 2,5 млн т за аналогією з єгипетським проектом.



## ВИПЛАВКА СТАЛІ У КРАЇНАХ ПІВНІЧНОЇ АФРИКИ У 2018–2024 рр.\*



# Північноафриканська «зелена» сталь скоро стане затребуваною в ЄС: огляд

- У Лівії турецька Tosyali Holding спільно з місцевою державною компанією SULB мають намір побудувати найбільший у світі завод DRI потужністю 8,1 млн т на рік. Замовлення на постачання обладнання дістала SMS Group.
  - У Лівії держкомпанія LISCO має намір побудувати завод DRI потужністю 2 млн т на рік. Постачальником обладнання буде італійська Danieli.
  - У Марокко в межах ініціативи «Марокканська пропозиція» вартістю \$32 млрд місцева компанія Nareva задекларувала намір виробляти H2 DRI поряд із «зеленим» аміаком.
- Крім того, існують можливості збільшення випуску DRI на підприємствах, які зараз працюють. Наприклад, Algerian Qatari Steel Co.

у 2022 році анонсувала розширення із 2,5 до 5 млн т до початку 2026 року.

Чинні та майбутні DRI-заводи є потенційними драйверами попиту на «зелений» H2 і здатні прискорити розвиток водневої індустрії в Північній Африці, а отже і повний перехід на безвуглецеву виплавку сталі в регіоні.

## «Зелений» потенціал

Сьогодні в цьому аспекті лідерство належить єгипетській Elmarakbysteel. Її викиди CO2 лише 0,62 т на 1 т готової сталі.

Решта компаній не розкривають даних, але оціночно їхній показник приблизно 1,4 т на 1 т метпродукції, виходячи із загальних обсягів галузевої емісії та виробництва сталі.

Нагадаємо, що в Emirates Steel, найбільш «зеленої» меткомпанії в GCC, парникові викиди 0,67 т на 1 т сталі. Водночас 86% електроенергії (e/e), яку використовують у виробництві, вона отримує з відновлюваних джерел енергії (ВДЕ).

Для порівняння, у єгипетської Ezz Steel, провідного виробника в Північній Африці, цей показник лише 12%.

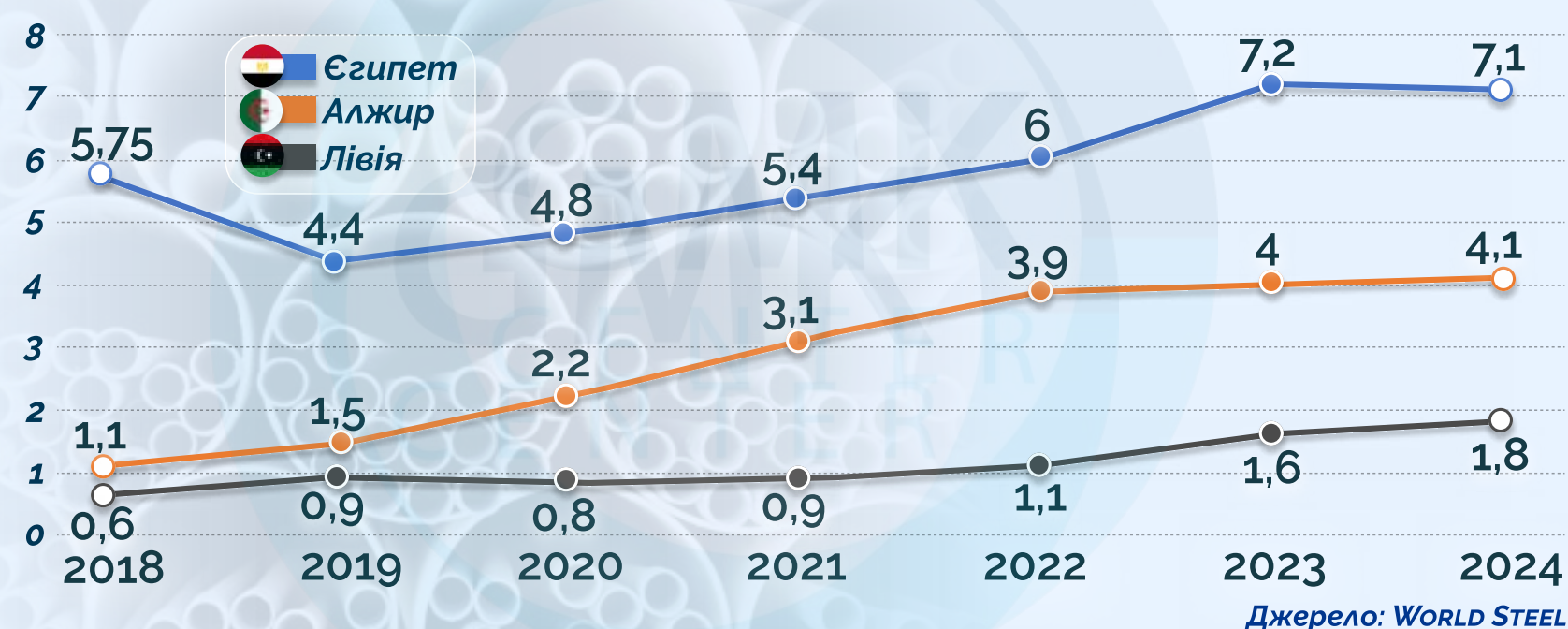
Тому подальша декарбонізація сталеливарної галузі в Єгипті, Алжирі, Тунісі, Марокко безпосередньо залежить від розвитку «зеленої» енергетики.

Майже у всіх країн є амбітні програми в цьому секторі.

- Єгипет планує збільшити частку ВДЕ в енергобалансі з 20% у 2022 році до 42% до 2030 року й до 58% до 2024 року. Урядовий портфель містить 16 проектів із будівництва ВЕС і СЕС загальною потужністю 55 ГВт. Усі вони перебувають на різних стадіях: від меморандумів про взаєморозуміння до практичної реалізації.
- Національний план відновлюваної енергетики Алжиру передбачає збільшення потужностей із 4,5 ГВт у 2020 році до 22 ГВт у 2030 році, з них на СЕС припадає 10,5 ГВт, на ВЕС – 4 ГВт плюс 2 ГВт на зберігання e/e.

- Лівія планує у 2020–2025 роках збільшити потужність ВЕС із 0,6 до 1 ГВт, СЕС – із 0,3 до 0,8 ГВт. Завдяки цьому частка ВДЕ в енергобалансі підвищиться із 7% до 10%. Національна стратегія сталої енергетики передбачає зростання «зелених» потужностей до 4,1 ГВт до 2035 року. Їхня частка в енергобалансі становитиме 25%.
  - Уряд Тунісу ставить завдання збільшити частку ВДЕ в енергобалансі до 35% до 2030 року порівняно з 3% у 2024 році. У 2035 році показник має сягнути 50%, до 2050 року – 100%. Водночас встановлена потужність ВДЕ зростає з 0,4 ГВт у 2021 році до 4 ГВт у 2030 році. Наразі влада затвердила концесійні проекти на 2,2 ГВт.
  - План дій із відновлюваної енергетики Марокко передбачає зростання частки ВДЕ в енергобалансі до 52% до 2030 року порівняно із 7,1% у 2021 році. Встановлена потужність ВДЕ в цьому разі збільшиться з 1,9 ГВт до 16,3 ГВт.
- У Мавританії немає затвердженої урядової стратегії в галузі ВДЕ.

## ВИРОБНИЦТВО DRI У КРАЇНАХ ПІВНІЧНОЇ АФРИКИ У 2018–2024 рр.\*



# Північноафриканська «зелена» сталь скоро стане затребуваною в ЄС: огляд

За підрахунками Міжнародного енергетичного агентства (IEA), реалізація запланованих проєктів із виробництва «зеленого» H<sub>2</sub> потребуватиме створення 16 ГВт потужностей ВДЕ до 2030 року.

Використання «зеленого» водню – наступний важливий крок до безвуглецевого майбутнього.

Не тільки в металургії, а й в енергетиці, цементній промисловості, виробництві мінеральних добрив тощо.

З урахуванням колосального потенціалу з розвитку ВДЕ (рівень сонячного випромінювання в регіоні 2000 кВт-год/м<sup>2</sup>) всі без винятку країни Північної Африки претендують на роль постачальника «зеленого» H<sub>2</sub> для Євросоюзу, який підкреслює зацікавленість у подібних проєктах.

- Національна воднева стратегія Єгипту містить два сценарії – базовий і «зелений». У першому випадку до 2030 року планують забезпечити виробництво 1,5 млн т. «блакитного» H<sub>2</sub>, до 2040 року – 5,6 млн т. У другому – 3 млн т до 2030 року і 5,8 млн т до 2040 року. Таким чином, ці варіанти відрізняються тільки швидкістю впровадження на першому етапі.

Базовий сценарій передбачає експорт усього одержуваного H<sub>2</sub> до 2030 року, до 2040 року показник має зрости до 3,8 млн т.

Це потребуватиме розгортання електролізних потужностей на 13 ГВт. Для їх забезпечення «зеленою» е/е потрібно 19 ГВт потужностей ВДЕ.

- Енергоемність водневої індустрії Алжиру до 2040 року має сягнути 40 ТВт-год, із них 10 ТВт-год використовуватимуть для внутрішнього споживання. Водночас до 2040 року планують виробляти понад 1 млн т «зеленого» H<sub>2</sub>, решта обсягу – «блакитний» H<sub>2</sub>.
- Стратегічна дорожня карта Мавританії передбачає виробництво 20,1 млн т H<sub>2</sub> до 2050 року. З них «зеленого» H<sub>2</sub> – 12 млн т, «блакитного» H<sub>2</sub> – 8,1 млн т. Уряд ініціював чотири проєкти, пов'язані із «зеленим» воднем, із загальним енергопотенціалом 85 ГВт.

Очікується, що це дасть змогу Мавританії до 2050 року зайняти до 1,5% світового ринку H<sub>2</sub> і до 1% світового ринку «зеленої» сталі.

- Національна стратегія Тунісу з виробництва «зеленого» водню поставила за мету до 2050 року виробляти 8,3 млн т H<sub>2</sub> на рік, із них 6,3 млн т експортуватимуть, переважно в Європу. Це потребуватиме 90 ГВт потужності ВДЕ. До 2030 року експорт «зеленого» H<sub>2</sub> має сягнути 0,3 млн т, до 2040 року – 1,6 млн т.

- Дорожня карта з розвитку водневої галузі Марокко передбачає енергоемність 14 ТВт-год до 2030 року, з них 10 ТВт-год будуть спрямовані на забезпечення експорту H<sub>2</sub>, для внутрішніх цілей – 4 ТВт-год. Для цього необхідно 6 ГВт потужностей ВДЕ. До 2050 року прогнозують досить широкий діапазон: 154–307 ТВт-год. Уряд схвалив інвестпроєкти у сфері «зеленого» H<sub>2</sub> на \$32 млрд.

- Національна стратегія сталого енергетики Лівії містить посилення на можливість використання ВДЕ для виробництва «зеленого» H<sub>2</sub>. До 2030 року передбачається запуск пілотних проєктів. Конкретних виробничих орієнтирів не вказано.

Виробництво «блакитного» водню в Північній Африці потребуватиме розгортання індустрії CCUS, яка також може бути задіяна на сталеплавильних підприємствах.

Як і в країнах Затоки, тут є хороші передумови: наявність великої кількості вироблених нафтогазових свердловин, придатних для зберігання вуглецю, але поки в цій сфері немає навіть пілотних проєктів.

Місцеві нафтогазовидобувачі проводять відповідні дослідження.



## Ризики та перспективи

Країни Затоки у процесі декарбонізації економіки (розвиток ВДЕ і виробництва H2) спираються на свої інвестиційні ресурси.

У північноафриканських держав немає таких широких можливостей, тому їхні проекти прив'язані до закордонного фінансування.

Це Африканський банк розвитку, Європейський інвестиційний банк (ЄІБ), Європейський банк реконструкції та розвитку, Світовий банк.

Вони висловлюють готовність кредитувати «зелені» проекти на півночі Африки, але за фактом це далеко не ті обсяги, які потрібні.

Наприклад, загальна вартість програм «зеленого» переходу в Єгипті до 2030 року – \$246 млрд. Станом на червень поточного року ЄІБ виділив на ці цілі \$312,6 млн.

Так, є ще інші перераховані вище міжнародні фінансові інститути (МФІ). Проте зрозуміло, що їхня підтримка не відповідає потребам.

Ще важливо пам'ятати, що гроші МФІ – це позики. Їх доведеться повертати, причому з відсотками. Тому окупність «зелених» проектів критично важлива для північноафриканських країн.

Вони просто не можуть дозволити собі діяти як Саудівська Аравія, яка запустила будівництво промислового комплексу NEOM вартістю \$8,4 млрд, що передбачає виробництво «зеленого» аміаку і водню, СЕС і супутню транспортну інфраструктуру, не маючи твердих гарантій збуту.

За даними ЗМІ, зараз компанії – оператору Air Products вдалося законтрактувати тільки половину майбутньої продукції.

Очевидно, що колись ці інвестиції все одно окупляться. Саудити можуть почекати, але північноафриканські держави чекати не зможуть.

Точніше, навряд чи захочуть чекати їхні кредитори. Звідси й обмежені суми «зеленого» фінансування з їхнього боку.

Для Лівії є додаткові ризики, оскільки країна досі не може вийти з хаосу громадянської війни, розпочатої ще у 2011 році. Останнє загострення воєнних дій датується травнем поточного року.

Виходячи з цього, перспектива декарбонізації в Північній Африці має такий вигляд:

- У 2020-х роках були можливі тільки невеликі пілотні проекти в різних галузях.
- У 2030-х роках – масштабування виробництва «зеленої» e/e і H2 до промислових обсягів. Водночас майже всю одержувану продукцію експортують до ЄС.
- У 2040-х роках – активне використання «зелених» ресурсів на внутрішньому ринку для забезпечення безвуглецевого майбутнього місцевої промисловості, включно з металургією.

Така схема повністю влаштовує північноафриканських сталевих виробників, оскільки зараз їхня продукція і так відповідає «зеленим» критеріям.



## 0,62 т

CO2 складають викиди найбільш «зеленої» меткомпанії Північної Африки



## Доступ до європейських інструментів фінансування – основна умова декарбонізації

Перехід на безземісійне виплавлення сталі є безальтернативним для української металургії.

Головний рушійний фактор – інтеграція України в ЄС і гармонізація регуляцій, стандартів, планів і цілей.

Україна сповнена рішучості провести «зелену» трансформацію промисловості, але і без війни це зробити було не просто.

Зараз же це просто неможливо, якщо покладатися тільки на власні ресурси.

## Поточна ситуація і плани компаній

Зараз два підприємства української металургії працюють за маршрутом EAF-scrap based. Це заводи «Інтерпайп Сталь» (місто Дніпро) і «Дніпроспецсталь» (місто Запоріжжя).

В «Інтерпайпу» питомі викиди CO<sub>2</sub> становлять 1,288 т на 1 т безшовних труб і 1,307 т на 1 т залізнично-колісної продукції. У «Дніпроспецсталі» цей показник 1,7 т. Тому вони відповідають поточним європейським критеріям «зеленої» сталі.

Решта – це інтегровані комбінати «АрселорМіттал Кривий Ріг» (АМКР), «Запоріжсталь» і «Каметсталь» (місто Кам'янське) групи «Метінвест» і Дніпровський метзавод (ДМЗ) групи DCH, у яких загалом налічують 13 доменних печей. Їхні середні викиди становлять 2,3 т CO<sub>2</sub> на 1 т сталі, тобто потенціал для зниження досить великий.

Для його реалізації більшість підприємств вибрали модель EAF-переходу.

- На комбінаті «Запоріжсталь» планують будівництво електросталеплавильного комплексу (ЕСПК) потужністю 3,3–3,8 млн т на рік.
- На комбінаті «Каметсталь» буде побудовано ЕСПК на 3,2 млн т.
- На ДМЗ анонсовано будівництво ЕСПК без зазначення потужності. Наразі об'єкт проектується.

Комбінат АМКР не декларував таких масштабних перетворень.

Водночас міжнародний досвід материнської компанії є свідченням того, що вона пішла шляхом DRI-EAF на всіх своїх європейських заводах.

Можна припустити, що і для українського підприємства ArcelorMittal буде вибрано таку стратегію.

Це дасть можливість АМКР зберегти переваги від вертикальної інтеграції. У будь-якому разі реалізувати такі плани почнуть після війни, зараз вони поставлені на паузу.

З огляду на обмеженість ресурсу сталевого брухту в Україні для роботи майбутніх EAF-потужностей будуть потрібні значні обсяги низьковуглецевої залізородної сировини (ЗРС), DRI й HBI.

Тому у групі «Метінвест» є плани щодо розвитку його виробництва на базі власних видобувних підприємств у Дніпропетровській області.

Там планують будівництво двох DRI-модулів на 2,5 млн т на рік кожен.

АМКР також може побудувати два DRI-модулі по 2,5 млн т кожен. На думку аналітиків GMK Center, комбінат може піти таким шляхом, ґрунтуючись на досвіді материнської компанії ArcelorMittal.

Спочатку ці заводи використовуватимуть природний газ як відновник, перехід на H<sub>2</sub> можливий у віддаленій перспективі.

Сировиною стануть залізородні окатиші місцевого виробництва. Ще 2020 року на Центральному ГЗК «Метінвесту» було розпочато випуск продукції, яка придатна для подальшого отримання DRI.

У майбутньому проект може бути масштабований на інші ГЗК.

Як результат, майбутні DRI-потужності не тільки забезпечать роботу українських підприємств, а й дадуть можливість експортувати до 2 млн т на рік низьковуглецевої ЗРС на європейський ринок.

Водночас зменшиться як номінальний потенціал, так і завантаження сталеплавильних агрегатів.

Для EAF-переходу і появи DRI-індустрії потрібні величезні додаткові обсяги «зеленої» електроенергії (e/e).

Тому деякі меткомпанії планують створення власної генерації.

- «Метінвест» побудує дві СЕС загальною потужністю 37 МВт на «Каметсталі» та Центральному ГЗК. Вартість проекту – \$18,1 млн.



**3,8 МЛН Т**  
"блакитного" H<sub>2</sub> планує експортувати Єгипет до 2040 р.

# Декарбонізація сталевих промисловості України: європейський шлях

● DCH анонсувала будівництво СЕС на 40 МВт. Об'єкт буде розташований на місці коксохімзаводу ДМЗ, який планують вивести з експлуатації та демонтувати. Інші підприємства можуть використовувати сторонні джерела відновлюваної електроенергії.

Це стане одним із головних напрямів подальшої декарбонізації поряд із підвищенням енергоефективності сталевих прокатного виробництва.

Наприклад, компанія «Інтерпайп» уже збільшила частку «зеленої» електроенергії в загальному обсязі споживання в чотири рази: із 7% у 2010 році до 28% у 2024 році.

Внаслідок цього викиди Scope 2 у неї знизилися з 0,264 т CO<sub>2</sub> на 1 т трубної продукції у 2010 році до 0,117 т у 2024 році. Для залізнично-колісної продукції – з 0,365 т до 0,121 т.

У довоєнний період відновлювана енергетика в Україні бурхливо розвивалася. Після початку війни процес сповільнився, але не зупинився.

Державна стратегія післявоєнного відновлення Plan Ukraine Facility передбачає подальше зростання ВДЕ-потужностей з урахуванням величезного потенціалу в сонячній і вітровій енергетиці.

Також у планах розвиток атомної енергетики – будівництво енергоблоків 3 і 4 на Хмельницькій АЕС.

Реалізація поставлених завдань дасть можливість на 100% забезпечити українські металургійні підприємства екологічно чистою електроенергією.

«Інтерпайп» завдяки подальшому нарощуванню частки ВДЕ у своєму енергоспоживанні, а також низці інших заходів має намір до 2030 року знизити викиди CO<sub>2</sub> на 26% порівняно з 2023 роком у сегменті виробництва безшовних труб.

Для залізнично-колісної продукції – на 25%. Решта меткомпаній не встановлюють таких чітких цільових орієнтирів.

## Вплив державної політики

За оцінками GMK Center, для досягнення кліматичної нейтральності українській металургії потрібно \$12 млрд капітальних інвестицій.

Очевидно, що власними силами меткомпанії не зможуть акумулювати такий ресурс.

З огляду на те, що зниження парникових викидів – не проблема окремої галузі, а загальнонаціональне завдання, державна участь у декарбонізації видається цілком логічною.

У Канаді на проєкт EAF-переходу для меткомбінату Dofasco вартістю \$1,8 млрд держава виділяє 50% фінансування.

Кошти надходять із федерального і провінційного бюджетів. Це ті самі гроші, які підприємство раніше перераховувало туди як плату за парникові викиди.

В Україні з промпідприємств також стягують аналогічний податок.

Але ці кошти, на відміну від Канади, надходять до загального фонду держбюджету і їх витрачають на поточні потреби.

Тому насамперед потрібно встановити цільове використання екологічних платежів. Однак навіть у такому випадку, на думку головного аналітика GMK Center Андрія Тарасенка, профінансувати декарбонізацію в повному обсязі не вдасться.



## 2 МЛН Т

DRI зможуть щорічно експортувати до ЄС українські виробники

# Декарбонізація сталеві промисловості України: європейський шлях

Можна також звернутися до досвіду Японії, де уряд надає податкові кредити в розмірі \$149 за кожен тону «зеленої» сталі, отриманої на об'єктах, які побудували в межах декарбонізації металургійних заводів.

Це як нові EAF на заміну BF, так і воднева металургія. Очевидно, що в нинішніх умовах, коли понад 50% дефіциту українського державного бюджету фінансують завдяки зовнішній фінансовій допомозі, це не надто реалістичний варіант для галузі.

Це вимагає досягнення відповідних домовленостей на найвищому політичному рівні.

«Питання доступу підприємств безпосередньо до європейських фондів є логічним. По-перше, знижуючи викиди CO<sub>2</sub>, українська промисловість й Україна як майбутній член ЄС роблять внесок у кліматичні цілі ЄС.

По-друге, більшість витрат на декарбонізацію (від 70 до 80%) підуть на постачання обладнання від провідних європейських виробників, таких як Danieli (Італія), Primetals (Австрія), SMS (Німеччина)», – прокоментував директор GMK Center **Станіслав Зінченко**.

Наступна проблема, яка вимагає державного втручання, – захист внутрішнього ринку від недобросовісного імпорту сталі.

Відсутність ефективних перешкод на його шляху – головний виклик для декарбонізації у Бразилії, Австралії, Великій Британії та Євросоюзі.

Це різко звужує можливості меткомпаній для «озеленення» виробництва, а часом просто обнуляє їх, оскільки місцеві гравці змушені конкурувати через зниження рентабельності своїх продажів.

Те саме можна сказати про Україну. За даними Державної митної служби, імпорт довгомірного прокату за січень-червень 2025 року зріс на 62,6% у річному порівнянні, до 128 тис. т. З цього обсягу 59% припало на постачання з Туреччини.

Аналіз ситуації показує: там, де є сильний тарифний захист внутрішнього ринку, металурги впевнено просуваються до вуглецевої нейтральності. Наприклад, у США, Канаді, Японії, Південній Кореї й Туреччині.

І нарешті, вартість електроенергії для промисловості. Зараз в Україні вона одна з найвищих у Європі.

У першій половині року ціни на е/е тут уже обійшли сусідні країни, такі як Польща, Румунія, Угорщина, Словаччина. Вони на 34% вищі, ніж у Німеччині, і в 3,5 рази – порівняно зі Швецією.

Це пояснюють значними збитками, завданими енергетичній інфраструктурі внаслідок атак рф. Так, фактор об'єктивний. Але тим не менше в найбільшого українського меткомбінату АМКР до війни на е/е припадало 7% у ціні реалізації продукції.

Зараз ця частка зросла до 20%. В інших підприємств аналогічна ситуація.

Що ж буде після EAF-переходу, коли показник сягне 50% або навіть перевищить його? Повна втрата конкурентоспроможності та згорання виробництва. Але хіба це є метою декарбонізації? Отже, реалістична і стабільна вартість на е/е – це і передумова підтримання поточної операційної діяльності українських метзаводів, і запорука їхнього «зеленого» майбутнього.

Досягти цього можна завдяки запровадженню цінової «стелі» для енергоємних підприємств і довгострокових контрактів із фіксованими ставками, а також посилюючи цінову конкуренцію між державними енерговиробниками. Це також вимагає відповідних рішень на урядовому рівні.

На шляху декарбонізації сталеві галузі України є дві головні перешкоди: ціна енергії та доступ до фінансування. Поточна ціна енергії робить економіку низьковуглецевих проектів неефективною, хоча до війни цифри могли виглядати прийнятно.

Якщо ситуація не зміниться, реалізувати проекти декарбонізації в Україні буде невігдно. Другий момент – вітчизняні заводи не можуть профінансувати багатомільярдні проекти самостійно.

З урахуванням післявоєнних бюджетних пріоритетів держава буде не в змозі забезпечити достатній обсяг фінансування декарбонізації.

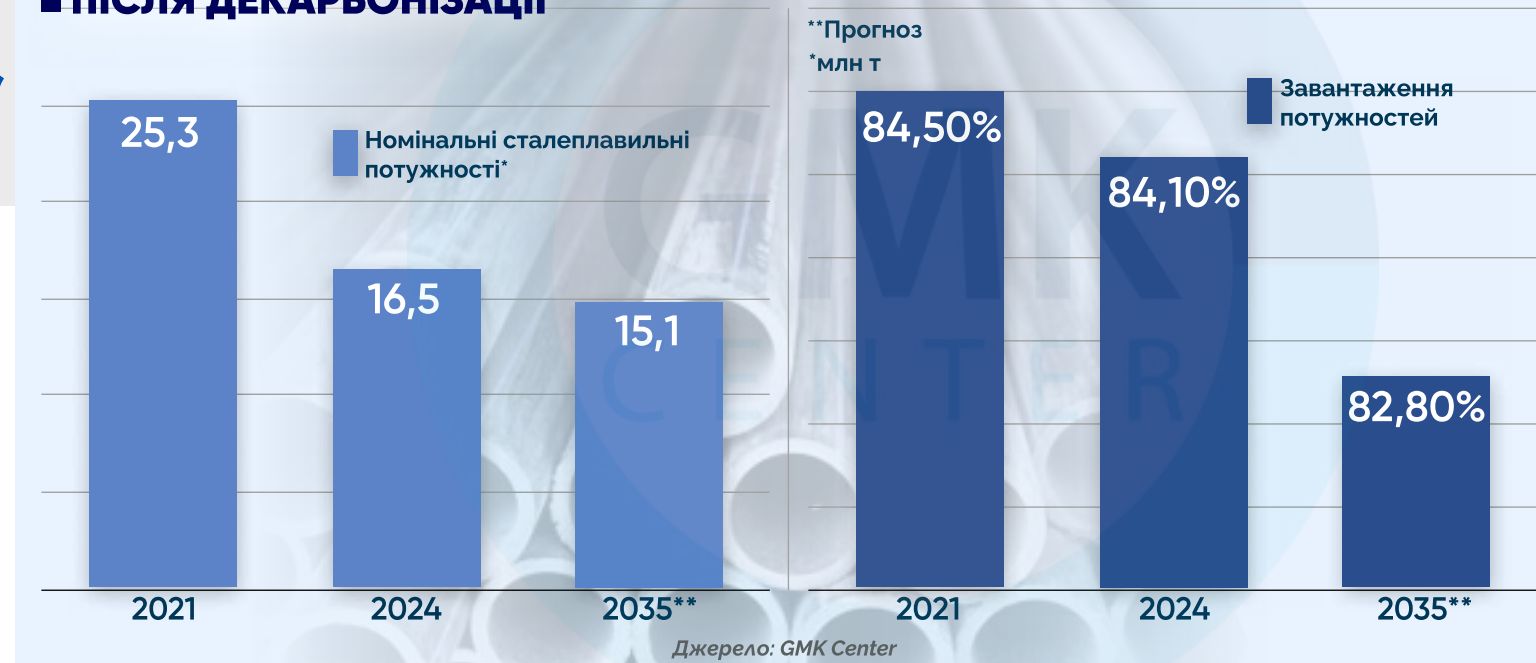
Тому єдиний шлях – доступ до європейських фондів фінансування декарбонізації. Якщо ці дві проблеми не будуть вирішені, то декарбонізація закінчиться просто закриттям заводів

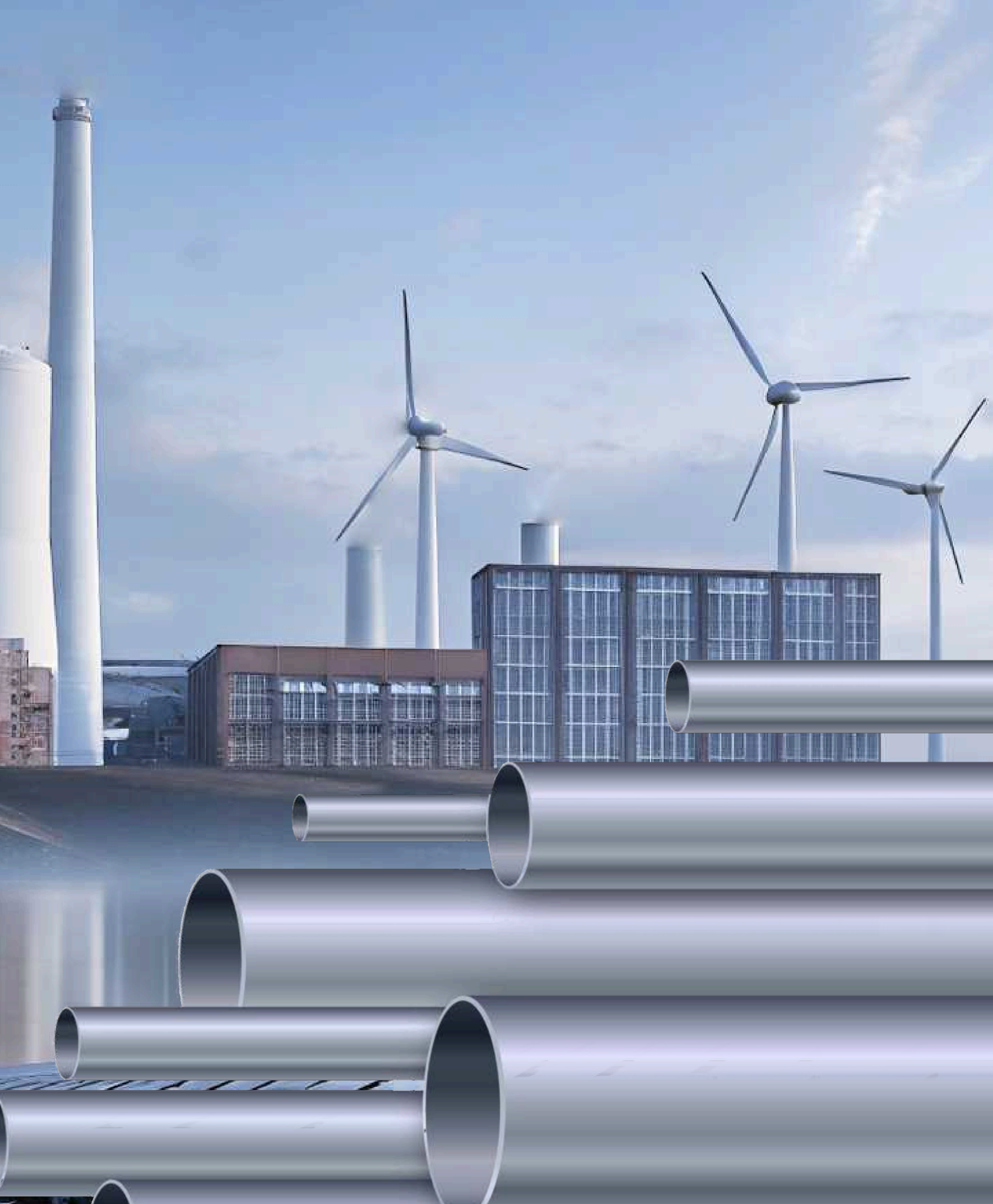
**підсумував Станіслав Зінченко.**



**\$246 МЛРД**  
загальна вартість програм  
«зеленого» переходу в Єгипті до  
2030 р.

## ЗМІНИ В УКРАЇНСЬКІЙ СТАЛЕВІ ІНДУСТРІЇ ПІСЛЯ ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ





**Увага!**

*Це дослідження призначено лише для інформаційних цілей. Представлені результати та висновки вважаються достовірними лише з урахуванням припущень та застережень, описаних авторами. Висновки та рекомендації є особистими, неупередженими та професійними судженнями членів ТОВ «Центр «ГМК». Співробітники ТОВ «Центр «ГМК» не мають особистої чи фінансової зацікавленості в предметі дослідження.*

*Дослідження базується на інформації із загальнодоступних джерел, включаючи ЗМІ та Інтернет. ТОВ «Центр «ГМК» вважає ці джерела достовірними, але не гарантує точності чи повноти такої інформації. ТОВ «Центр «ГМК» не несе відповідальності за точність використаної інформації.*

*Висновки, запропоновані у дослідженні, є актуальними лише на дату його публікації. Зміни ринкових, макроекономічних та політичних умов можуть суттєво вплинути на результати дослідження. Цей звіт призначений для використання лише в цілому, а не частинами. Відокремлення або зміна будь-якого розділу чи сторінки від основної частини заборонено та робить цей звіт недійсним.*