

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ

НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ЦЕНТР ІНДУСТРІАЛЬНИХ ПРОБЛЕМ РОЗВИТКУ

## АНАЛІТИЧНА ЗАПІСКА

### НАПРЯМ ПОБУДОВИ СУЧАСНОЇ НИЗЬКОВУГЛЕЦЕВОЇ МЕТАЛУРГІЇ, ЗАСНОВАНОЇ НА ВИКОРИСТАННІ НАЯВНОГО В УКРАЇНІ СИРОВИННОГО ПОТЕНЦІАЛУ

*(підготовлено за рахунок бюджетних коштів, спрямованих на забезпечення проведення державними науковими установами наукових досліджень і науково-технічних (експериментальних) розробок за результатами державної атестації)*

Харків, 2026



## ЗМІСТ

Вступ.....	3
Поточний стан чорної металургії України.....	3
Сировинні обмеження подальшого розвитку доменного виробництва.....	8
Екологічні аспекти доменного виробництва.....	5
Напрямки подальшого розвитку металургійного комплексу.....	9
Перспективи створення низьковуглецевого виробництва заліза з внутрішньої сировини в Україні.....	10
Висновки та пропозиції.....	14
Перелік джерел посилання.....	19

## СПИСОК ТАБЛИЦЬ

- Таблиця 1 – Виробничі потужності з виробництва чавуну на кінець 2013 р.
- Таблиця 2 – Розрахунок потреб в сировинних ресурсах  
для виробництва чавуну 16,8 млн т / рік
- Таблиця 3 – Потужність гірничо-збагачувальних підприємств-виробників залізорудної сировини
- Таблиця 4 – Виробнича потужність коксохімічних підприємств України станом на 01.01.2017 р., тис. т.
- Таблиця 5 – Викиди діоксиду вуглецю в окремих металургійних процесах в розрахунку на 1 т продукції
- Таблиця 6 – Шляхи декарбонізації металургійної промисловості
- Таблиця 7 – Технології отримання відновників для виробництва заліза прямого відновлення
- Таблиця 8 – Обсяги переробки сировини і виробництва окремих продуктів
- Таблиця 9 – Розрахунок рентабельності проекту при різних варіантах цін на кам'яне вугілля
- Таблиця 10 – Очікувана річна сума податкових платежів за загальнодержавними податками, млн грн.

## СПИСОК РИСУНКІВ

- Рис. 1. Марочна структура запасів викопного вугілля в Україні
- Рис. 2. Структура викидів CO<sub>2</sub> в розрахунку на виробництво 1 т чавуну
- Рис. 3. Узагальнена схема запропонованої технології отримання заліза прямого відновлення
- Рис. 4. Динаміка чистої приведеної вартості проекту виробництва заліза прямого відновлення (DRI) при різних рівнях цін на вугілля

## ВСТУП

Ще на початку ХХІ сторіччя Україна буда однією з небагатьох країн світу з розвиненою металургійною промисловістю, яка спиралася на вітчизняну сировину (коксівне вугілля, залізна руда, вогнетривкі глини, вапняк). На початку сторіччя українська металургія впевнено входила до ТОП-10 світових виробників сталі [1].

З початком військової агресії росії в 2014 р. і окупації частини Донецької та Луганської області Україна втратила контроль над деякими металургійними підприємствами, розташованими на території цих областей. Після початку повномасштабної російської агресії в лютому 2022 р. українська металургія понесла ще більше втрат. Станом на кінець 2025 р. Україна втратила контроль над всіма металургійними підприємствами, розташованими на території Донбасу і Приазов'я. Крім втрати великих сталеплавильних підприємств, поза контролем України опинилися і ряд підприємств-постачальників палива і основних матеріалів, без яких унеможливаються технологічні процеси виробництва чавуну і сталі (коксхімічні підприємства, видобування флюсів, виробництво вогнетривких виробів тощо).

Внаслідок військової агресії росії виробництво сталі знизилося з 32,7 млн т в 2013 р. до 7,6 млн т в 2024 р. Частка металургії у ВВП країни за той же час знизилася з 20 % [1] до 7,2 % [2]. На даний час українська металургійна промисловість представлена підприємствами, розташованими та території Дніпропетровської та Запорізької областей. За таких умов актуальним стає аналіз потенційних можливостей української металургії, пошук шляхів подальшого розвитку і оцінка можливостей щодо повернення країни до кола великих гравців світового ринку

сталі. Подальші висновки і пропозиції зроблено без врахування тимчасово втрачених (і, вірогідно, зруйнованих) потужностей, що опинилися на неконтрольованій території України.

## ПОТОЧНИЙ СТАН ЧОРНОЇ МЕТАЛУРГІЇ УКРАЇНИ

Превалююча технологія, що використовується в Україні для отримання сталі і сталевих виробів, передбачає багатостадійне виробництво, а саме:

- Видобуток і збагачення кам'яного вугілля коксівних марок;
- Виробництво доменного коксу з суміші різних марок коксівного вугілля;
- Видобуток і збагачення залізної руди;
- Відновлення заліза з руди коксом в доменному процесі з отриманням чавуну (сплав заліза і вуглецю);
- Переробка чавуну на сталь;
- Отримання зі сталі товарного прокату (гаряче- та холоднокатана листова сталь, різноманітні профілі тощо).

Для отримання чавуну в доменному процесі, крім коксу і залізної руди, необхідним є додавання флюсів (вапняки та доломіти), які дозволяють видаляти з процесу у вигляді рідкого шлаку ті мінеральні речовини, які містяться в коксі та залізній руді.

Процеси отримання коксу, чавуну і сталі протікають за високих температур (до 1500 °С). Це обумовлює потребу у вогнетривках і вогнетривких виробках для основного технологічного обладнання.

Можливості подальшого існування металургії, яка базується на виробництві чавуну, визначається, крім наявності (доступності) необхідної сировини, також наявністю і станом необхідних виробничих потужностей.

До початку російської агресії (станом на кінець 2013 р.) виробнича потужність (далі – ВП) з виробництва чавуну на українських підприємствах сягала 40230 тис. т на рік – *табл. 1*.

Після початку військової агресії росії Україна в 2017 р. втратила контроль над низкою металургійних підприємств: ПрАТ «Єнакієвський металургійний завод», ПАТ «Алчевський металургійний комбінат»,

*Таблиця 1*

### Виробничі потужності з виробництва чавуну на кінець 2013 р.

Підприємство	Річна потужність, тис. т
<b>ТОВ «МЕТІНВЕСТХОЛДИНГ»</b>	
1. ПрАТ «МК «Азовсталь»	5700
2. ПрАТ «ММК ім. Ілліча»	4300
3. ПрАТ «Єнакієвський металургійний завод»	2065
4. ПрАТ «Каметсталь»	4350
5. ПАТ «Запоріжсталь»	4000
<b>Група DCH</b>	
6. ПрАТ «Дніпровський металургійний завод»	1795
<b>ArcelorMital</b>	
7. ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»	11450
<b>Інші</b>	
8. ПАТ «Алчевський металургійний комбінат»	5320
9. ПрАТ «Донецьксталь-металургійний завод»	1450

*Примітка:* назви підприємств надані станом на 2025 р.

*Джерело:* складено за даними [3-5]

ПрАТ «Донецьксталь-металургійний завод». Повномасштабна агресія росії проти України в 2022 р. призвела до втрати ПрАТ «МК «Азовсталь» та ПрАТ «Металургійний комбінат ім. Ілліча».

Отже, з 9 українських металургійних підприємств, які в своєму складі мали доменне виробництво чавуну, станом на початок 2025 р. на підконтрольній Україні території залишилося тільки 4. В середньостроковій перспективі очікується вивід з експлуатації ВП на ПрАТ «Дніпровський МЗ» (1795 тис. т – див. табл. 1), на якому в травні 2025 р. зупи-

нено коксове виробництво і почата реконструкція підприємства з метою переходу на електроплавильне виробництво [6].

При оцінці сумарної ВП необхідно враховувати, що кожні 4-5 років доменна піч виводиться на капітальний ремонт (для часткової або повної заміни вогнетривкої футеровки). За оцінками науковців НДЦ ІПР НАНУ сумарна річна ВП діючих доменних печей в середньостроковій перспективі буде складати не більше 16,8 млн т/рік. Для забезпечення такого обсягу виробництва чавуну за авторськими оцінками потрібні наступні обсяги сировинних ресурсів – *табл. 2*.

Таблиця 2

**Розрахунок потреб в сировинних ресурсах для виробництва чавуну  
16,8 млн т / рік**

Сировинний ресурс	Чинники, що впливають на потребу в сировинному ресурсі	Річна потреба, млн. т
Залізорудна сировина	Загальний вміст заліза в залізорудній сировині – 65-68 %, вміст вуглецю в чавуні – 2 %	24,2-25,3
Доменний кокс	Витрати доменного коксу на виробництво чавуну – 0,35-0,4 т/т; Вихід доменного коксу від валового – 90,8 %	5,9-6,7 (6,9-7,8 валового коксу 6 % вологості)
Коксівне вугілля	Вихід валового коксу від шихти – 76,0 %	9,3-9,7
Вогнетривкі вироби	Потреба для капітальних ремонтів з заміною футеровки – 3 кг/т чавуну	0,07
Сировина для виробництва вогнетривких виробів	Вологість сировини (піску 9-11 %, глини 13-15 %), вміст сторонніх домішок (породи) – 5-7 %; вміст цільових речовин на робочу масу: оксиду кремнію SiO <sub>2</sub> (в піску 83-85 %; в глині 43-45 %), оксиду алюмінію Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> в глині 35-37 %	0,08
Флюси	Вміст заліза в залізорудній сировині, основність породи в руді	8,4
Сировина для виробництва флюсів	Сумарна вологість та вміст сторонніх домішок (породи) в сировині для виробництва флюсів – 35-40 %	12,1

Джерело: розрахунки ІДЦ ІПР НАНУ

Отже, наступне питання – чи можливо забезпечити потреби доменного виробництва сировиною та напівфабрикатами в обсягах, необхідних для повного використання виробничої потужності?

Перед усім – необхідна оцінка запасів і сучасного видобутку залізної руди і кам'яного вугілля, що у свій час визначило географічне розташування металургійних підприємств на території Донецького вугільного басейну (джерело вугілля) та Криворізького залізорудного басейну (джерело руди).

### **СИРОВИННІ ОБМЕЖЕННЯ ПОДАЛЬШОГО РОЗВИТКУ ДОМЕННОГО ВИРОБНИЦТВА**

Розглядаючи існуючі запаси окремих видів сировини та стан їх видобутку, можна прийти до наступних висновків.

**Залізорудна сировина.** Україна в цілому забезпечена достатніми покладами залізної руди, запаси якої є п'ятими в світі та найкрупнішими серед європейських країн. Згідно з даними ДНВП «Геоінформ України», балансові запаси руд заліза становлять 18,1 млрд т станом на 01.01.2021 р. [7], в т.ч. на балансі діючих гірничо-видобувних підприємств знаходиться близько 5 млрд т. Найбільший обсяг балансових запасів руд

заліза знаходиться у Дніпропетровській області (48,61%), Полтавській (27,89%), Запорізькій (15,25%) областях.

Існуюча проектна потужність діючих гірничо-збагачувальних комбінатів (далі – ГЗК) суттєво перевищує фактичний рівень видобутку і збагачення. Так, за проектної потужності ГЗК з видобутку руди 241,6 млн т (табл. 3) фактичний видобуток в 2014–2021 рр. складав 74,2-82,4 млн. т [8,

9] без врахування ПрАТ «Запорізький залізорудний комбінат», який знаходиться на тимчасово окупованій території).

Таким чином, забезпеченість української металургії залізорудною сировиною є цілком задовільною: наявність геологічних запасів та виробничих потужностей для їх видобутку дозволяє не лише забезпечити внутрішнє виробництво, але й має значний експортний потенціал.

Таблиця 3

**Потужність гірничо-збагачувальних підприємств-виробників залізорудної сировини**

Гірничодобувне підприємство	Потужність, тис. т	Товарна продукція, вміст заліза (загальний), %
<b>Група METINVEST</b>		
ПрАТ «Центральний гірничо-збагачувальний комбінат» (3 кар'єри + шахта)	З видобутку руди – 15400; Зі збагачення руди – 6000 З огрудкування – 2000	Концентрат, 68,24; Не офлюсовані окатки, > 65,5
ПрАТ «Інгулецький гірничо-збагачувальний комбінат» (1 кар'єр, 2 збагачувальні фабрики)	З видобутку руди – 70000; Зі збагачення руди – 14500	Концентрат (ММС, МФО, МФО+) – 65,0-68,5 %
ПрАТ «Північний гірничо-збагачувальний комбінат» (2 кар'єри, 2 збагачувальні фабрики)	Зі збагачення руди – 14200; З огрудкування – 11100	Концентрат, 65,4; Не офлюсовані окатки, >65,0
АТ «Південний гірничо-збагачувальний комбінат» *) (рудоуправління, 2 збагачувальні фабрики)	З видобутку – 35500; Зі збагачення руди – 17200	Концентрат, >65,0
<b>Група FERREXPO</b>		
ПрАТ «Полтавський гірничо-збагачувальний комбінат»	Руда – 28000 тис. т; Збагачення – 13000 тис. т; 12000 тис. т окатків	Окатки >65
ТОВ Єривський ГЗК	З видобування руди – 28500 З виробництва концентрату – 10000 З виробництва окатків – 6000 (планується)	Окатки >65
<b>Група DCH</b>		
ПрАТ Суха Балка (2 шахти)	З видобування руди – 3715 З виробництва товарної руди – 3100	Залізна руда, 55-60

Закінчення табл. 3

Гірничодобувне підприємство	Потужність, тис. т	Товарна продукція, вміст заліза (загальний), %
ПАТ АрселорМіттал Кривий Ріг		
Рудоуправління, 4 дробильні фабрики, 2 рудозбагачувальні фабрики	3 видобування руди – 26000; 3 виробництва концентрату – 10300	Концентрат – 65,3-68,0
Інші		
ПАТ «Криворізький залізорудний комбінат» (4 шахти)	6000	Руда залізна агломерована, >56,0; Руда доменна, 47 %
ПрАТ Запорізький залізорудний комбінат	Знаходиться на тимчасово окупованій території Запорізької області	

\*) – Знаходиться в операційному управлінні Групи ТОВ «МЕТІНВЕСТХОЛДІНГ», якій належить 45,9% акцій

Джерело: складено за [3, 4 10-12]

**Доменний кокс.** Станом на 01.01.2017 р. до втрати контролю за частиною підприємств ВП коксохімічних підприємств України складала 16914,9 тис. т – *табл. 4.*

Після втрати коксохімічних підприємств, розташованих в Донецькій та Луганській області, на контрольованій території України залишилося 2 коксохімічних підприємства (ПрАТ «Южкокс», м. Кам'янське, Дніпропетровська обл.), ПАТ «Запоріжкокс» (м. Запоріжжя) і 2 коксохімічних виробництва у складі металургійних комбінатів, розташованих в Дніпропетровській області (ПрАТ «Каметсталь», м. Кам'янське, ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг, м. Кривий Ріг). Сумарна виробнича потужність цих підприємств складала станом на початок 2026 р. за оцінками НДЦ ІПР НАНУ [14] 6013 тис. т валового коксу з вологою 6 %.

Але, ця величина ВП буде щорічно зменшуватися при фізичному зносі коксових батарей. Кількісна оцінка зменшення ВП зроблена нами [14] на підставі «Інструкції з розрахунку виробничих потужностей кок-

сохімічних підприємств і коксохімічних виробництв» [15].

Першим чинником, вплив якого призводить до зменшення ВП, є розрахункова кількість робочих коксових печей у батареї, яка при тривалій експлуатації зменшується внаслідок порушень вогнетривкої кладки. Це, в свою чергу, призводить до зменшення ВП в середньому на 25,4 тис. т валового коксу на рік.

Другим чинником є збільшення обороту коксових печей (проміжок часу між двома послідовними завантаженнями шихти у піч), яке призводить до зменшення кількості виробничих циклів протягом року. При експлуатації коксової батареї понад 20 років оборот щорічно збільшується на 0,5 години, що призводить до зменшення ВП на 1,5–3,0 % (в залежності від віку коксової батареї). В середньому зниження річної ВП за рахунок впливу цього чинника оцінюється на рівні 70,6 тис. т.

Загальне щорічне зменшення ВП прогнозується на рівні 96,0 тис. т валового кок-

Таблиця 4

**Виробнича потужність коксохімічних підприємств України станом на 01.01.2017 р., тис. т.**

Підприємство	Річна виробнича потужність за валовим коксом	Примітки
Самостійні підприємства		
1. ПрАТ «Авдіївський КХЗ»	3603,6	Зупинено у 2022 р. внаслідок бойових дій; контроль над активами втрачено
2. ПрАТ «Єнакієвський коксохімпром»	574,3	Контроль над активами втрачено в березні 2017 р.
3. ПрАТ «Макіївкокс»	1289,3	Контроль над активами втрачено в березні 2017 р.
4. ПрАТ «Ясинівський КХЗ»	936,3	Контроль над активами втрачено в березні 2017 р.
5. ПрАТ Южкокс	1263,9	Підприємство здійснює господарську діяльність в складі групи ТОВ «Метінвест»
6. ПрАТ Запоріжкокс	911,5	
7. ТОВ Коксовий завод «Новомет» (колишній ПрАТ «Харківський коксовий завод»)	148,2	Діяльність припинено в 2020 р. у зв'язку з порушенням вимог екологічного законодавства
8. Філія «Горлівський коксовий завод» ТОВ «Істек»	445,9	Контроль над активами втрачено в 2017 р.
Коксохімічні виробництва у складі металургійних підприємств		
9. КХВ ПрАТ «Алчевський МК»	2721,7	Контроль над активами втрачено в 2017 р.
10. КХВ ПрАТ «МК Азовсталь»	1517,8	Зупинено у 2022 р. внаслідок бойових дій; контроль над активами втрачено
11. КХВ ПрАТ «Каметсталь» (колишній ПрАТ «Дніпродзержинський КХЗ»)	659,6	Підприємство здійснює господарську діяльність в складі групи ТОВ «Метінвест»
12. КХВ ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»	2041,8	Підприємство здійснює господарську діяльність в складі групи ArcelorMittal; в 2017-2018 р.р. введено в експлуатацію 2 коксові батареї сумарною потужністю 2000 тис.т
13. КХВ ПрАТ «Дніпровський металургійний завод (колишній ПрАТ «Дніпрококс»)	801,0	Коксохімічне виробництво зупинено і виведено з експлуатації за рішенням власника в травні 2025 р. [67]

Джерело: виробнича потужність – Звіт УНПА «Укркокс» за 2016 р. [13]; назви підприємств і можливість контролю – офіційні сайти управляючих компаній

су з вологою 6 %, або 87,2 тис. т доменного коксу сухої маси.

Сумарна виробнича потужність (станом на початок 2026 р.) з виробництва валового коксу 6013 тис. т/рік та її подальше зниження щорічно на 96 тис. т не дозволяють задовольнити потенційну потребу доменного виробництва (6,9-7,8 млн т – табл. 2), що викликає необхідність імпорту доменного коксу.

Але, повне завантаження існуючих потужностей коксохімічного виробництва на даний час не можливо, якщо врахувати стан вітчизняного видобутку і обмежені можливості імпорту коксівного вугілля.

**Кам'яне вугілля.** Поклади вугілля, придатного для коксування (марки Ж, К, ПС), зосереджені в Центральному Донбасі і практично всі знаходяться (станом на кінець 2025 р.) або на тимчасово окупованих територіях, або в зоні активних бойових дій. Можливості відновлення видобутку вугілля на цих територіях можуть бути оцінені тільки після їх деокупації.

Потреби коксохімічних підприємств у коксівному вугіллі частково можуть бути задоволені за рахунок імпорту. На даний час таке вугілля надходить від вугільної компанії United Coal Company (США), яка є дочірньою компанією ТОВ «МЕТІНВЕСТ-ХОЛДІНГ», ВП якої біля 3 млн т коксівного вугілля на рік [16]. Протягом 2022-2024 рр. постачання такого вугілля в Україну складало орієнтовно 400 тис. т/рік (розраховано за даними [17]). Подальше нарощування імпорту коксівного вугілля є проблематичним з урахуванням значних логістичних витрат, а також внаслідок низької пропускну здатності морських портів України, яка оцінюється на рівні до 3 млн т на рік [18].

Тобто, подальший розвиток виробництва сталі повинен бути пов'язаний з існуючими внутрішніми запасами вугілля.

Загальні геологічні балансові запаси вугілля складають в Україні 44784,3 млн т, в тому числі кам'яного – 41164,7 млн т [19]. Викопне вугілля різних родовищ та пластів має неоднакові властивості.

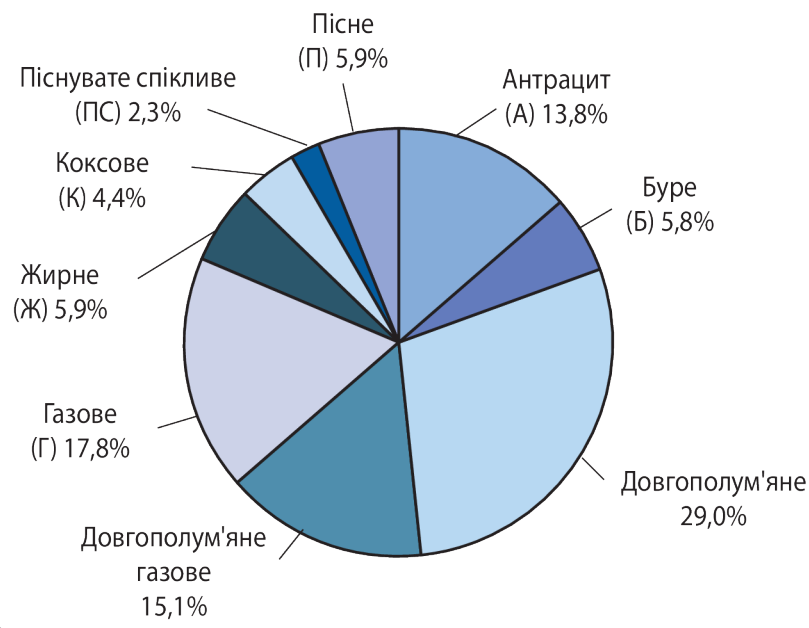
Марочну структуру наявних в Україні покладів викопного вугілля згідно з [20] наведено на *рис. 1*.

Певні перспективи розвитку видобутку коксівного вугілля можуть бути пов'язані з розвитком вуглевидобування у Львівсько-Волинському басейні в межах Любельського (марка К) і Тягівського родовищ (марки Г, ГЖ та Ж) [21]. Але, розробка відповідних родовищ потребує додаткових геолого-розвідувальних робіт, подальшого проектування і будівництва нових шахт. Тобто, реалізація відповідних проектів може розглядатися в середньо- та довгостроковій перспективі за умови появи великого інвестору і за умови збереження доменного виробництва в Україні.

Виробництво таких важливих для металургії матеріалів, як флюси та вогнетривкі вироби, внаслідок окупації росією частини території України на даний час практично відсутнє і задоволення відповідних потреб відбувається за рахунок імпорту.

## ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ДОМЕННОГО ВИРОБНИЦТВА

Металургійне виробництво, орієнтоване на доменне виробництво, є одним з основних промислових забруднювачів повітря парниковим газом – діоксидом вуглецю (CO<sub>2</sub>). За оцінками Міжнародної енергетичної агенції, в 2020 р. світова металургія 74 % усіх енерговитрат задовольняла за рахунок вугілля, внаслідок чого вона продукувала 7 % загальних світових щорічних викидів діоксида вуглецю [22].



**Рис. 1. Марочна структура запасів викопного вугілля в Україні**

Джерело: складено за [20]

Це пояснюється тим, що вуглець використовується в різноманітних металургійних процесах:

*по-перше*, – як паливо: при згорянні вуглецю (взаємодії з киснем) утворюється  $CO_2$  і виділяється велика кількість тепла, необхідного для досягнення потрібних для процесів температур;

*по-друге*, – як відновник: при взаємодії вуглецю з залізною рудою оксиди заліза відновлюються до елементарного заліза, а вуглець, відповідно, окислюється до  $CO_2$ .

Основними джерелами утворення діоксиду вуглецю в металургії є наступні виробництва – *табл. 5*.

Структура викидів  $CO_2$  при виробництві 1 т чавуну наведена на *рис. 2*. *Рис. 2* побудовано для наступних усереднених умов виробництва чавуну: для отримання 1 т чавуну використовується 820 кг агломерату (вміст заліза 55 %), 820 кг окатків (вміст заліза 67 %), 400 кг доменного коксу, 200 кг пилувугільного палива, 500 кг флюсів.

З розуміння ролі вуглецю та його сполук в металургійних процесах випливають і напрямки їх подальшої декарбонізації – *табл. 6*.

Детальніше напрямком декарбонізації шляхом заміни вуглецю іншим відновником розглядається в наступних розділах цієї Аналітичної записки.

## НАПРЯМКИ ПОДАЛЬШОГО РОЗВИТКУ МЕТАЛУРГІЙНОГО КОМПЛЕКСУ

Дефіцитність стратегічного ресурсу – коксівного вугілля - і екологічні обмеження, які накладаються на виробництво чавуну, пояснює необхідність розробки і обґрунтування альтернативного напрямку подальшого розвитку металургії заліза. Додатково необхідність альтернативного напрямку розвитку пояснюється ще й тим, що парк доменних печей України є фізично застарілим і довгострокова його експлуатація виглядає проблематичною: наймолодший з печей (№ 9

Таблиця 5

**Викиди діоксиду вуглецю в окремих металургійних процесах в розрахунку на 1 т продукції**

Виробничий процес	Характеристика процесу утворення діоксиду вуглецю	Викиди CO <sub>2</sub> , кг/т
Виробництво доменного коксу	Процес піролізу вугілля протікає за високих температур, які досягаються за рахунок спалювання коксового газу	90-140
Виробництво агломерату	Для досягнення високих температур, потрібних для огрудкування дрібних фракцій залізнорудного концентрату, спалюється коксовий дрібняк	183÷327
Виробництво чавуну	CO <sub>2</sub> утворюється як при спалюванні коксу, так і при використанні коксу у якості відновника	1437-1617
	Пиловугільне паливо (тонкоподрібнене пісне вугілля) використовується як замітник коксу (100-200 кг/т чавуну); при реакціях з відновлення заліза вуглець перетворюється на CO <sub>2</sub>	297-594
	Флюси (карбонат кальцію та/або магнію), які додають в доменну шихту для зрідження шлаку, за високих температур розкладаються на оксид відповідного металу та CO <sub>2</sub>	220-264
Виробництво феросплавів	Процес отримання феросплавів протікає за високих температур, які досягаються за рахунок електричного нагріву. Відновник – коксовий горіх при використанні перетворюється на CO <sub>2</sub>	1171÷2240
Виробництво сталі шляхом переплавки чавуну	В процесі отримання сталі видаляється вуглець, якій міститься в чавуні (2,14-6,67 %), з утворенням CO <sub>2</sub>	42-208

*Примітка:* Діапазон величини викидів при виробництві окремих продуктів пояснюється різною якістю та складом сировини.

*Джерело:* розрахунки НДЦ ІПР НАНУ

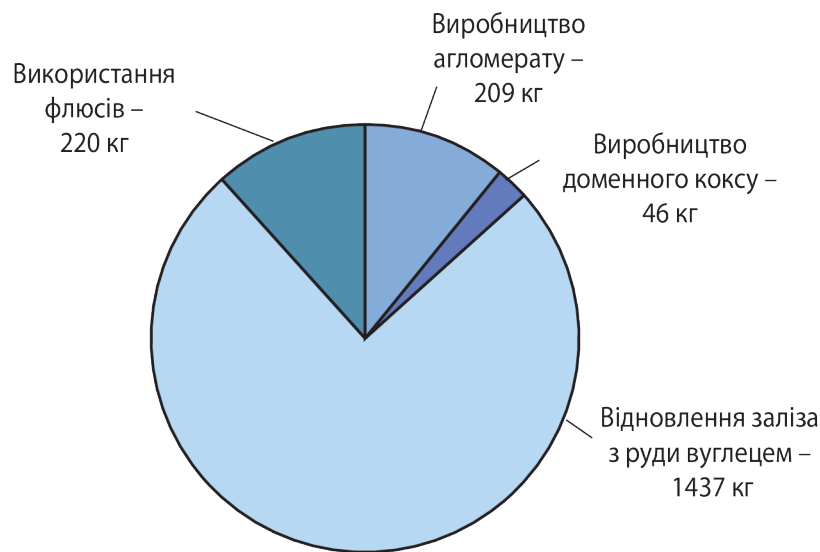
ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» 52 роки [5], що перевищує світові оцінки нормативного строку служби (50 років – [23]).

У якості альтернативи доменному виробництву в світі розглядаються технології отримання сталі шляхом переплавлення залізвмісної сировини (металобрухту або т.зв. «заліза прямого відновлення») в електродугових печах.

Переробка металобрухту на сталь конверторним способом, або шляхом його переплавки в електродугових печах, є відносно

екологічно чистим процесом. Це пояснюється тим, що металобрухт чорних металів містить не більше 1,5 % нешкідливих домішок [24], що значно нижче, ніж в збагаченій залізній руді чи чавуні. Як джерело енергії для переплавки використовується електрична енергія, завдяки чому мінімізуються викиди діоксиду вуглецю безпосередньо в процесі отримання кінцевого продукту.

В Україні частка металобрухту у загальному обсягу сталі в останні роки коливається в межах 16-23 % [25], що нижче середньо-



**Рис. 2. Структура викидів CO<sub>2</sub> в розрахунку на виробництво 1 т чавуну**

Джерело: побудовано за авторськими розрахунками НДЦ ІПР НАНУ

Таблиця 6

### Шляхи декарбонізації металургійної промисловості

Напрямок декарбонізації	Оцінка зменшення викидів CO <sub>2</sub>
Заміна палива і відновника (вуглецю) іншими хімічними речовинами, використання яких не призводить (або призводить в менших обсягах) до утворення CO <sub>2</sub>	Відмова від використання коксу і пиловугільного палива у якості відновника призведе до зменшення утворення CO <sub>2</sub> при виробництві чавуну
Відмова від використання агломерату і повна його заміна окатками з більш високим вмістом заліза	Відмова від агломерації призведе до зменшення викидів CO <sub>2</sub> у відповідному процесі; Заміна агломерату окатками, в яких суттєво вищий вміст заліза, скорочує потребу у флюсах, розклад яких є одним з джерел утворення CO <sub>2</sub>

Джерело: розроблено науковцями НДЦ ІПР НАНУ

світового рівня – 30 % [26]. Але, навіть за 100 %-вого повторного використання у сталеплавильному виробництві відпрацьованих металевих виробів, металобрухт не здатен задовольняти зростаючі потреби людства в металопродукаті.

Хоча металобрухт розглядається як стратегічний ресурс для декарбонізації, але він як сировина не може бути вироблений у необхідній кількості в потрібний час [26].

Отже, переробка металобрухту може розглядатися виключно як додаткова технологія задоволення потреб у сталевих виробках.

Більш перспективним є перехід на технологію прямого відновлення заліза, за якою залізорудна сировина відновлюється в спеціальних реакторах шляхом використання газоподібного відновника (водню, або синтез-газу – суміші водню і монооксиду вуглецю).

Перевагами такої технології є: *по-перше* – більша екологічність (чим більше у складі відновника водню, тим менші викиди  $\text{CO}_2$ ), і, *по-друге* – кінцевий продукт містить у своєму складі 99 % заліза і, на відміну від чавуну, не потребує додаткової обробки з метою видалення вуглецю.

Ключовим питанням для такої технології є джерело отримання відновника, перш за все – водню.

Найбільш поширені технології отримання водню, які мають промислове значення, і оцінка потенціалу їх використання в Україні наведено в *табл. 7*.

Таблиця 7

### Технології отримання відновників для виробництва заліза прямого відновлення

Технологія	Сутність технології	Переваги і недоліки
Електроліз води	Розклад води ( $\text{H}_2\text{O}$ ) на кисень і водень під впливом постійного електричного струму	<i>Переваги:</i> отримання водню без супутніх продуктів; <i>Недоліки:</i> висока енергоємність процесу електролізу, що обмежує можливості застосування технології в сучасних умовах України
Парова конверсія метану природного газу	Взаємодія метану ( $\text{CH}_4$ ) з парами води ( $\text{H}_2\text{O}$ ) за високих температур і тиску в присутності каталізатору з отриманням водню і $\text{CO}_2$	<i>Переваги:</i> отримання синтез-газу з високим вмістом водню (75-80 %); <i>Недоліки:</i> відсутність ресурсів недорогого природного газу, який може бути спрямований на отримання синтез-газу
Газифікація вугілля	Взаємодія вугілля, водяної пари та кисню за високих температур і тиску з отриманням водню, $\text{CO}$ , $\text{CO}_2$	<i>Переваги:</i> використання сировини – вугілля, яке видобувається в Україні <i>Недоліки:</i> низька якість синтез-газу, що отримується (30-40 % водню, 40-55 % монооксиду вуглецю, 10-15 % діоксид вуглецю)

*Джерело:* розроблено НДЦ ІПР НАНУ

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

Необхідно відзначити, що технологія прямого відновлення заліза шляхом вико-

ристання синтез-газу, отриманого при газифікації вугілля, є досить відомою (так звана технологія Rotary Kiln) і розповсюдженою передусім в Індії, а також в низці інших країн Азії та Африки [27, 28].

Як зазначалося в табл. 7, недоліком цієї технології є низький вміст в синтез-газі водню і, відповідно, – високий вміст діоксиду вуглецю, який утворюється в процесах газифікації вугілля і використання синтез-газу.

Перспективним, на думку науковців НДЦ ІПР НАНУ, є поєднання технологій газифікації вугілля і електролізу води. Доціль-

ність такого поєднання пояснюється тим, що процес газифікації супроводжується значним отриманням тепла, яке може бути трансформовано в електроенергію, потрібну для отримання водню в процесі електролізу. Такий підхід апробований авторами для цілей отримання синтетичних моторних палив за процесом Фішера-Тропша [29]. Виконані розрахунки показують техніко-економічну доцільність збагачення синтез-газу електролітичним воднем [30].

Відповідно, поєднання технологій газифікації вугілля і електролізу води може бути застосовано для подальшої декарбонізації безкоксової металургії.

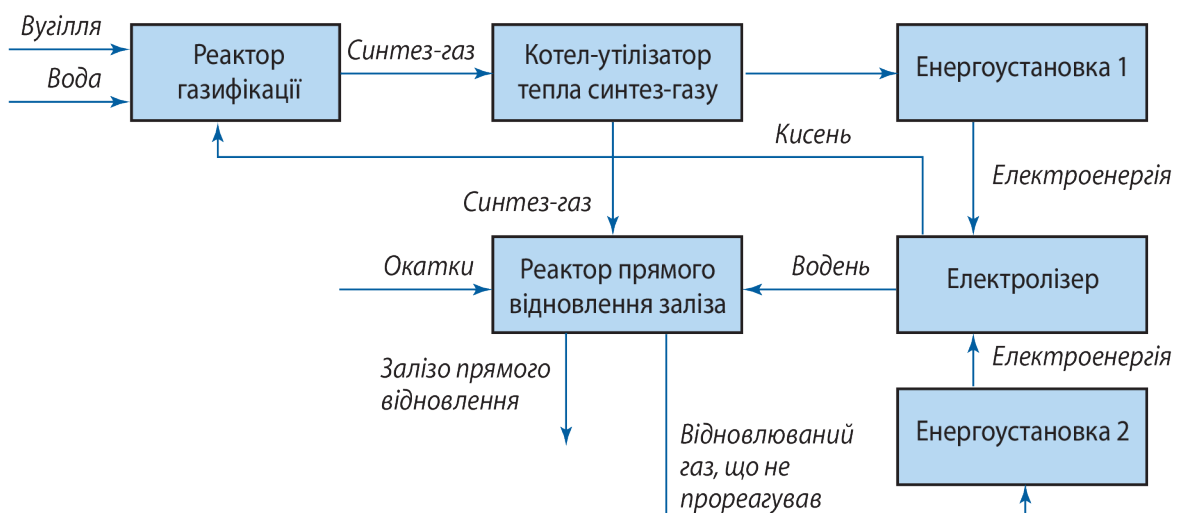
### ПЕРСПЕКТИВИ СТВОРЕННЯ НИЗЬКОВУГЛЕЦЕВОГО ВИРОБНИЦТВА ЗАЛІЗА З ВНУТРІШНЬОЇ СИРОВИНИ В УКРАЇНІ

В рамках виконання комплексного дослідження «Обґрунтування напрямів розвитку низьковуглецевої металургії заліза в контексті циркулярної економіки», що

виконується за рахунок бюджетних коштів, спрямованих на забезпечення проведення державними науковими установами наукових досліджень і науково-технічних (експериментальних) розробок за результатами державної атестації, нами було розроблено технічне рішення щодо створення низьковуглецевого виробництва заліза та виконано техніко-економічну оцінку доцільності реалізації цього рішення в сучасних умовах України.

Сутність запропонованого рішення, на яке подано заявку на отримання патенту на корисну модель [31], полягає в наступному – *рис. 3*.

Для газифікації вугілля пропонується сучасний високотемпературний процес (технологія Техасо або Conoco-Philips), за яким отримується синтез-газ з температурою біля 1600 °С. Утилізація тепла генераторного газу дозволяє отримати електроенергію в кількості, що суттєво перевищує потреби підприємства на газифікацію, очищення генераторного газу і його використання для виробництва заліза прямого відновлення.



**Рис. 4. Узагальнена схема запропонованої технології отримання заліза прямого відновлення**

Джерело: розраховано науковцями НДЦ ІПР НАНУ

Після котла-утилізатора синтез-газ спрямовується на очищення від шкідливих домішок – аміаку та сірководню з отриманням мінерального добрива – сульфату амонію і сірчаної кислоти (на схемі не показано). Утилізоване тепло синтез-газу у вигляді водяної пари високого тиску спрямовується до енергоустановки 1 для виробництва електроенергії. Очищений синтез-газ спрямовується до реактору прямого відновлення, в який завантажуються залізорудні окатки.

Отримана в енергоустановці 1 електроенергія подається на електролізер, де з води отримуються водень і кисень. Водень спрямовується до реактору прямого відновлення, а кисень – до реактору газифікації.

В реакторі прямого відновлення за рахунок хімічних реакцій залізорудні окатки відновлюються воднем і синтез-газом до заліза. Частина синтез-газу і водню, що не прореагувала, спрямовується до енергоустановки 2, де при їх допалюванні отримується додаткова кількість електроенергії.

Сировиною для запропонованого технічного рішення може бути вугілля марки ДГ, яке на даний час видобувається на шахтах ПрАТ «ДТЕК Павлоградвугілля» та ДП «Львіввугілля», та окатки, що виробляються на гірничо-збагачувальних комбінатах ТОВ «МЕТІНВЕСТХОЛДІНГ» та компанії «Ferrexpo Plc». Техніко-економічна оцінка виконана для проекту газифікації вугілля ПрАТ «ДТЕК Павлоградвугілля» і переробки окатків виробництва ПрАТ «Центральний гірничо-збагачувальний комбінат». Обсяг переробки сировини і виробництва окремих продуктів наведено в табл. 8.

Інвестиції на реалізацію проекту за нашими розрахунками складають 12,375 млрд грн. (275 млн дол. США). В розрахунках враховано вартість придбання, монтажу та/або будівництва основних засобів, пускові витрати та суму обігових коштів.

Інвестиції на реалізацію проекту за нашими розрахунками складають 12,375 млрд грн. (275 млн дол. США). В розрахунках враховано вартість придбання, монтажу та/або будівництва основних засобів, пускові витрати та суму обігових коштів.

Таблиця 8

### Обсяги переробки сировини і виробництва окремих продуктів

Показник	Значення
Обсяг переробки вугілля, тис. т/рік фактичної маси	138,0
Обсяг переробки окатків, тис. т/рік	1000,0
Кількість сухого синтез-газу, що отримується при газифікації вугілля, млн. м <sup>3</sup> при нормальних умовах	200,6
Кількість водню, що отримується при електролізі води, млн. м <sup>3</sup>	321,3
Потужність енергоустановки 1, МВт	20,8
Потужність енергоустановки 2, МВт	20,1
Обсяг виробництва заліза прямого відновлення (DRI), тис. т/рік	652,5
Обсяг виробництва сульфату амонію, тис. т/рік	0,9
Обсяг виробництва товарної сірчаної кислоти, тис.т/рік	2,2
Обсяг виробництва товарного кисню, млн. м <sup>3</sup>	97,1

Джерело: розраховано науковцями НДЦ ІПР НАНУ

При оцінці економічної ефективності проекту, що пропонується:

- ціна на вугілля приймається за двома варіантами: 4200 грн/т – рівень цін, що прогнозується Урядом на 2030 р. [32], та 7200 грн/т (\$160/т) – рівень біржових цін на світовому ринку [33], збільшений на логістичні витрати;
- ціна залізородних окатків – 6000 грн/т – прийнято на підставі аналізу внутрішнього ринку України та світових котирувань станом на 2026 рік [34;35];
- ціну заліза прямого відновлення (DRI) прийнято на підставі аналізу світових

котирувань (LME/Platts) з урахуванням умов EXW на рівні 18000 грн/т (\$400/т) [36];

- ціни інших матеріальних ресурсів прийнято за даними джерел ресурсів Internet.

За таких умов доходи, витрати та рентабельність операційної діяльності очікується на наступному рівні – *табл. 9*.

Операційна рентабельність проекту дозволяє зробити попередній висновок щодо доцільності його реалізації. Такий висновок також підтверджується рівнем рентабельності основних засобів – 26,3–29,2 % (в залежності від ціни вугілля).

*Таблиця 9*

### Розрахунок рентабельності проекту при різних варіантах цін на кам'яне вугілля

Показник	Вартість вугілля, грн./т	
	4200	7200
Дохід від реалізації продукції, млн грн	12302	
Витрати операційної діяльності	8002	8419
Прибуток операційної діяльності	4300	3883
Чистий прибуток	3526	3184
Рентабельність операційної діяльності, %	44,1	37,8

*Джерело:* розраховано науковцями НДЦ ІПР НАНУ

Оцінка інвестиційної привабливості проекту виконана за умов отримання валютного кредиту на 10 років від міжнародних фінансових організацій за ставкою 5 % з початком погашення через 3 роки після закінчення будівництва.

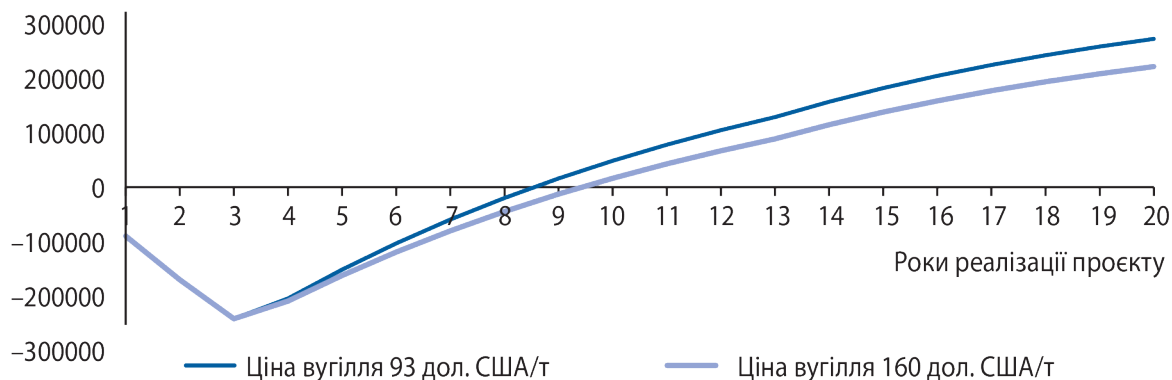
За таких умов проект має позитивне сальдо грошових потоків, починаючи з моменту виходу на проектну потужність (у прийнятному діапазоні цін на вугілля), коефіцієнт покриття боргу (DSCR) після освоєння проектної потужності перевищує

одиницю, тобто позитивний грошовий потік перевищує суму, необхідну для обслуговування боргу.

Розрахунок чистої приведеної вартості (NPV) виконано на підставі розрахунку грошових потоків при ставці дисконту 12 % і терміні інвестиційного проекту 20 років. Представлення NPV у графічному вигляді наведено на *рис. 4*.

Отже, виконана оцінка інвестиційної привабливості проекту свідчить про можливість його реалізації.

Дисконтований вільний  
грошовий потік  
накопиченим підсумком,  
тис. дол. США



**Рис. 4. Динаміка чистої приведеної вартості проекту виробництва заліза прямого відновлення (DRI) при різних рівнях цін на вугілля**

Джерело: розраховано науковцями НДЦ ІПР НАНУ

Проект є привабливим і з точки зору соціальної та бюджетної ефективності. Передбачається, що потреба в персоналі буде складати 1004 особи.

Річна сума податків прогнозується на рівні 1786,0-1944,2 млн грн (в залежності від ціни вугілля) – *табл. 10*. В розрахунку на 1 т заліза прямого відновлення податкові платежі очікуються на рівні 2737-2980 грн.

Викиди парникового газу CO<sub>2</sub> за запропонованою технологією складають 372 кг/т заліза прямого відновлення, що нижче, ніж цільовий рівень, встановлений Міжнародною енергетичною агенцією для виплавки сталі – 400 кг CO<sub>2</sub>-eq на 1 т сталі [37].

## ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

Аналіз поточного стану металургії України свідчить про глибоку системну ресурсно-технологічну кризу галузі, спричинену втратою контролю над ключовими активами, критичним дефіцитом власного коксівного вугілля та фізичним зносом основних засо-

бів. Традиційний доменний спосіб виробництва, що базується на використанні коксу, в поточних реаліях є нежиттєздатним та не відповідає глобальним екологічним стандартам.

Водночас наявність значних балансових запасів залізної руди та розвинена база гірничо-збагачувальних підприємств створюють передумови для технологічної трансформації галузі. Перспективним вектором розвитку визначено перехід до безкоксової металургії на основі технологій прямого відновлення заліза.

Запропоноване науковцями НДЦ ІПР НАН України рішення щодо поєднання газифікації малометаморфованого вугілля з електролізом води дозволяє сформувати автономну, низьковуглецеву модель виробництва, адаптовану до сировинної специфіки України.

Запропонована технологія виробництва заліза прямого відновлення на основі поєднання газифікації вугілля та електролізу води забезпечує зниження викидів CO<sub>2</sub> до

Таблиця 10

**Очікувана річна сума податкових платежів за загальнодержавними податками,  
млн грн**

Податок	При ціні вугілля, грн/т	
	4200	7200
Податок на прибуток	774,0	699,0
Податок на додану вартість	1068,9	985,7
Податок на доходи фізичних осіб	70,5	
Військовий збір	19,6	
Екологічний податок на викиди CO <sub>2</sub>	11,2	
Усього податкових надходжень	1944,2	1786,0

*Джерело:* розраховано науковцями НДЦ ІПР НАНУ

рівня, що відповідає міжнародним орієнтирам, створюючи передумови для мінімізації або уникнення платежів у межах Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM) при експорті до ЄС та безпосередньо підвищуючи цінову конкурентоспроможність продукції.

З метою реалізації зазначеного потенціалу та забезпечення конкурентоспроможності галузі пропонується розробити Концепцію розвитку низьковуглецевої металургії, яка передбачатиме стимулювання впроваджен-

ня технологій прямого відновлення заліза та ініціювати пілотні інвестиційні проекти виробництва заліза прямого відновлення із залученням міжнародного фінансування;

Реалізація запропонованих підходів дозволить трансформувати металургійний комплекс України в інноваційний сектор циркулярної економіки, здатний генерувати податкових надходжень щорічно понад 2,7–3,0 млрд грн./млн т заліза прямого відновлення та забезпечити сталий розвиток у межах глобального енергетичного переходу.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Украинская металлургия: современные вызовы и перспективы развития: моногр. / А.И. Амоша, В.И. Большаков, А.А. Минаев, Ю.С. Залознова, Л.А. Збаразская, Ю.В. Макогон и др.; НАН Украины, Ин-т экономики пром-сти. – Донецк, 2013. – 114 с. URL : [https://iie.org.ua/wp-content/uploads/akademichni\\_sluhannya/as\\_2\\_akadem\\_sluh\\_met.pdf](https://iie.org.ua/wp-content/uploads/akademichni_sluhannya/as_2_akadem_sluh_met.pdf).
2. GMK center. Вклад ГМК в економіку країни. 2024 р. URL : [https://gmk.center/wp-content/uploads/2025/04/ukr\\_2025\\_Econ\\_Steel-impact.pdf](https://gmk.center/wp-content/uploads/2025/04/ukr_2025_Econ_Steel-impact.pdf)
3. Офіційний сайт ТОВ «МЕТІНВЕСТХОЛДІНГ». URL : <https://metinvestholding.com/ua/about/steel>.
4. GMK center. Центр експертизи про промисловість та ГМК. URL : <https://gmk.center/ua/>.
5. Історія ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Офіційний сайт ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». URL : <https://ukraine.arcelormittal.com/about/nasha-istoriia>.
6. Офіційний сайт ПрАТ «Дніпровський металургійний завод». URL : <https://www.dmz-petrovka.dp.ua/index.php?page=news&id=157>
7. Портал даних видобувної галузі України. Руди заліза. URL : [https://eiti.gov.ua/resursirozvidka-ta-vidobuvannya/rudi-zaliza\\_2022//](https://eiti.gov.ua/resursirozvidka-ta-vidobuvannya/rudi-zaliza_2022//)
8. World Steel Association. Steel Statistical Yearbook 2024. 2024. URL: [https://worldsteel.org/media/publications/ssy\\_subscription-2024/](https://worldsteel.org/media/publications/ssy_subscription-2024/).
9. Crude steel production by process 2024. V: World Steel in Figures 2025. World Steel Association. URL: <https://worldsteel.org/data/world-steel-in-figures/world-steel-in-figures-2025/#crude-steel-production-by-process-2024>.
10. Звіт про управління АТ «Південний гірничо-збагачувальний комбінат» за 2022 р. URL : <https://drive.google.com/file/d/1i3fSS3EhdL804ryT96MA9ujmcLeeAvz/view?usp=sharing>.
11. Офіційний сайт ПрАТ «Суха балка» URL : <https://sukhabalka.com/ru/production.html>.
12. Офіційний сайт ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» URL : <https://ukraine.arcelormittal.com/production-cycle/iron-ore-mining-and-processing>.
13. Итоги работы предприятий УНПА «УКРКОКС». Дніпро, УНПА «Укркокс», 2017 р. – 85 с.
14. Кизим М.О., Хаустова В.Є., Котляров Є.І, Шульга І.В., Салашенко Т.І. Сировинний потенціал та існуючі виробничі потужності металургійної промисловості України. Бізнес Інформ. 2026. № 2.
15. Інструкція з розрахунку виробничих потужностей коксохімічних підприємств і коксохімічних виробництв. Затверджено наказом Генерального директора УНПА «Укркокс» № 6 від 11 березня 2014 р.
16. Офіційний сайт ТОВ «МЕТІНВЕСТХОЛДІНГ». URL : <https://ucc.metinvestholding.com/en-us/>.
17. Державна служба статистики. Зовнішня торгівля окремими видами товарів за країнами світу. URL : [https://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2024/zd/e\\_iovt/arh\\_iovt2024.htm](https://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2024/zd/e_iovt/arh_iovt2024.htm).
18. Баланс ринку вугілля для коксування в Україні 2024. URL : [https://gmk.center/wp-content/uploads/2024/12/Ukr\\_coking-coal-market.pdf](https://gmk.center/wp-content/uploads/2024/12/Ukr_coking-coal-market.pdf).

19. Портал даних видобувної галузі України. Вугілля кам'яне. URL : [https://eiti.gov.ua/resursi-rozvidka-ta-vidobuvannya/kamyane-vugillya\\_2022/](https://eiti.gov.ua/resursi-rozvidka-ta-vidobuvannya/kamyane-vugillya_2022/).
20. Дроздник И. Д., Старовойт А.Г., Гусак В. Г. Угли для коксования и пылеугольного топлива. Харьков: Контраст, 2011. 188 с.
21. Савчук В. С. Склад та якість вугілля окремих марок Львівсько-Волинського басейну / В. С. Савчук // Вісник Дніпропетровського національного університету / Сер.: Геологія, географія. – Дніпропетровськ: 2003. В. 5. – С. 3 – 11.
22. International energy agency. Iron and Steel Technology Roadmap Towards more sustainable steelmaking, 2020, 190 p. URL : [https://iea.blob.core.windows.net/assets/eb0c8ec1-3665-4959-97d0-187c6ca189a8/Iron\\_and\\_Steel\\_Technology\\_Roadmap.pdf](https://iea.blob.core.windows.net/assets/eb0c8ec1-3665-4959-97d0-187c6ca189a8/Iron_and_Steel_Technology_Roadmap.pdf).
23. Argus Media: 2020s a singular opportunity for steel decarbonisation. URL : <https://www.argusmedia.com/en/news-and-insights/latest-market-news/2270292-2020s-a-singular-opportunity-for-steel-decarbonisation?backToResults=true>.
24. ДСТУ 4121:2022 Метали чорні вторинні. Загальні технічні умови. Зміна № 1 (ІПС № 5-2024). URL : [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=109752](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=109752).
25. GMK Center. Внесок ГМК в економіку України. 2024. URL : [https://gmk.center/wp-content/uploads/2025/04/ukr\\_2025\\_Econ\\_Steel-impact.pdf](https://gmk.center/wp-content/uploads/2025/04/ukr_2025_Econ_Steel-impact.pdf).
26. GMK Center. Обмеження на експорт брухту у світі-2025. URL : [https://gmk.center/wp-content/uploads/2025/04/Scrap-Restrict-2025\\_ukr-2.pdf](https://gmk.center/wp-content/uploads/2025/04/Scrap-Restrict-2025_ukr-2.pdf).
27. Nyakudya Ncube, R. Y., Ayomoh, M. Optimisation strategies and technological advancements for sustainable direct reduction iron production—a systematic review. Sustainability. 2025. Vol. 17, No. 5. P. 2266. <https://doi.org/10.3390/su17052266>.
28. Rotary Kiln Manufacturers in India. Classic Technomes. URL: <https://www.classictechnomes.com/rotary-kiln-manufacturers-in-india.php>.
29. Патент України на корисну модель № 156530. Спосіб отримання синтетичних моторних палив з вугілля // І.В. Шульга, М.О. Кизим, В.Є. Хаустова, Є.І. Котляров. Опубл. у Бюлетні ДП УКРНОВІ № 27, 2024.
30. Обґрунтування створення виробництва синтетичного моторного палива з вугілля в Україні : кол. моногр. / за ред. В. Є. Хаустової ; авт. кол. : В. Є. Хаустова, М. О. Кизим, Є. І. Котляров, І. В. Шульга, І. О. Губарева, В. В. Шпілевський, Т. І. Салашенко, Д. М. Костенко, М. М. Хаустов. Харків : ФОП Лібуркіна Л. М., 2024. 514 с. <https://doi.org/10.32983/978-617-7801-49-7>.
31. Заявка Україна № u2025 05316 від 31.10.2025. Спосіб прямого відновлення заліза / І. В. Шульга, М.О. Кизим, В.Є. Хаустова, Є.І. Котляров., Т.І. Салашенко.
32. Програма діяльності державних вугледобувних підприємств на період до 2030 року. Затверджено розпорядженням Кабінету Міністрів України № 1454-р від 26.11. 2025 р. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1454-2025-%D1%80#Text>.
33. Світові ціни на вугілля. URL : <https://index.minfin.com.ua/ua/markets/coal/>.
34. ANALYST DATABOOK FY 2024. Metinvest. URL: [https://metinvestholding.com/Content/CmsFile/en/investorskit\\_\\_Metinvest-DataKit\\_FY2024.xlsx](https://metinvestholding.com/Content/CmsFile/en/investorskit__Metinvest-DataKit_FY2024.xlsx).
- 35 Ціна одиниці товарної продукції гірничого підприємства – видобутої корисної копалини (мінеральної сировини) (Цо) на перший квартал 2026 року. Державна служба геології

та надр України. URL : <https://www.geo.gov.ua/wp-content/uploads/2025/12/tsina-odynytsi-tovarnoyi-produktsiyi-1-kv.-2026-r.pdf>

36 Direct reduced iron price index. Business Analytic System Features. URL: <https://businessanalytiq.com/procurementanalytics/index/direct-reduced-iron-price-index/>.

37. World Energy Outlook 2022. International Energy Agency. 2022. URL: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/830fe099-5530-48f2-a7c1-11f35d510983/WorldEnergyOutlook2022.pdf>

***Дослідження проведено у:***

Науково-дослідному центрі індустріальних проблем розвитку  
НАН України  
(<https://ndc-ipr.org/>, e-mail: [ndc\\_ipr@ukr.net](mailto:ndc_ipr@ukr.net))

***Аналітична записка підготовлена:***

Директором НДЦ ІПР НАН України, д-ром екон. наук, проф.  
*Хаустовою В. Є.*

Головним науковим співробітником відділу промислової політики,  
член-кореспондентом НАН України, д-ром екон. наук, проф.  
*Кизимом М. О.*

Зав. відділом промислової політики та енергетичної безпеки  
НДЦ ІПР НАН України, д-ром екон. наук, ст. дослідником  
*Салашенко Т. І.*

Зав. сектором енергетичної безпеки та енергозбереження  
НДЦ ІПР НАН України, канд. екон. наук, доц.  
*Котлярівим Є. І.*

Старшим науковим співробітником відділу  
промислової політики, канд. екон. наук  
*Костенко Д. М.*