

УДК 662.741.002.33

С. Стельмах <sup>а</sup>, А. Старовойт <sup>б</sup>, Є. Малий <sup>б</sup>, Є. Сорокін <sup>б</sup>**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ГУСТИННОЇ ФРАКЦІЇ МАЛОМЕТАМОРФІЗОВАНОГО ВУГІЛЛЯ НА ВЛАСТИВОСТІ ТРАМБОВАНОЇ ВУГІЛЬНОЇ ШИХТИ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ДОМЕННОГО КОКСУ**<sup>а</sup> Інститут технології палив і енергії, м. Забже, Польща<sup>б</sup> Український державний університет науки і технологій, м. Дніпро, Україна

Розглянуто перспективи використання окремих фракцій малометаморфізованого вугілля з метою залучення їх до процесу коксування у складі трамбованої вугільної шихти. Класичні технології підготовки та коксування малометаморфізованого вугілля у складі шихти не достатньою мірою забезпечують раціональне залучення його органічної маси, що негативно відображається на якісних показниках доменного коксу, а саме на індексі реакційної здатності (CRI) та міцності після реакції з CO<sub>2</sub> (CSR). Тому були запропоновані сучасні технології, які спрямовані на збільшення частки в шихті органічної маси малометаморфізованого вугілля з використанням трамбування та коксування без уловлювання хімічних продуктів. Результати досліджень показали, що трамбування шихти з використанням густинної частини органічної маси малометаморфізованого вугілля у вигляді окремої фракції, дозволило не використовувати вугілля марки К у складі трамбованої шихти. Встановлено, що трамбування шихти та її коксування без уловлювання хімічних продуктів, сприяє пластифікації органічної маси вугілля та утворенню щільного, міцного та однорідного коксу, який відповідає за технічними умовами доменному коксу маркам КД2 та КД3. Одержані наукові та експериментальні результати дозволили вирішити конкретну науково-практичну задачу, а саме розробити наукові і технологічні засади розширення сировинної бази коксування вугілля України.

**Ключові слова:** малометаморфізоване вугілля, густинна фракція, трамбована шихта, індекс реакційної здатності коксу, міцність коксу.

DOI: 10.32434/0321-4095-2026-166-3-55-61

**Вступ**

У час, коли більшість діючих шахт України, на яких видобувалось добреспікливе вугілля марок Ж і К, практично виснажені та знаходяться в зоні бойових дій, на вітчизняних коксохімічних підприємствах складається напружене становище відносно сировинної бази коксування та витри-

мки необхідної якості доменного коксу. Для виробництва доменного коксу в Україні використовувалось переважно імпортне (російське) вугілля, частка якого у 2021 році сягала 71,8%. Подібне явище відбувалось тому, що основна кількість українського вугілля Донецького басейну за своїми властивостями характеризувалось, як

© С. Стельмах, А. Старовойт, Є. Малий, Є. Сорокін, 2026



This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

*Investigation of the influence of the dense fraction of low-metamorphosed coal on the properties of compacted coal charge for blast furnace coke production*

слабкоспільне та малометаморфізоване вугілля. При його самостійному коксуванні за традиційною технологією не можна гарантувати одержання доменного коксу необхідної якості за існуючими технологічними умовами. Єдиним шляхом поліпшення якості доменного коксу при виробництві його переважно з українського вугілля є використання методу трамбування (суттєвого підвищення насипної щільності з 800 до приблизно 1150 кг/м<sup>3</sup>) вугільної шихти, а також використання технології коксування шихти без уловлювання хімічних продуктів (тобто, спалення над вугільним завантаженням всіх летких утворень з шихти). Подібний технологічний підхід дозволить вирішити проблему виробництва доменного коксу поліпшеної якості у воєнний та повоєнний час переважно з українського вугілля. Впровадження таких технологічних процесів, є важливим кроком модернізації коксохімічного виробництва до сучасних світових вимог Євросоюзу, а також дозволить оптимізувати процес виробництва доменного коксу, за рахунок введення до складу шихти густинної фракції отриманої з дешевого малометаморфізованого вугілля, забезпечуючи необхідну якість показників доменного коксу (індекс реакційної здатності та міцності коксу після реакції з CO<sub>2</sub>), що є критично важливим для ефективного використання його у доменному процесі.

Таким чином, створення наукових основ виробництва доменного коксу з трамбованих вугільних шихт за технологією без уловлювання хімічних продуктів є актуальною науковою задачею, яка і розглядалася у даній роботі.

#### Методика експерименту

З аналізу науково-технічної літератури випливає, що підвищення вимог до якості коксу у зв'язку зі збільшенням об'єму доменних печей і вдуванням пиловугільного палива викликає необхідність застосування для коксування вугільної

сировини з поліпшеними властивостями коксівності. Однак при цьому сучасний стан сировинної бази коксування лімітує можливість поліпшення якості вугільної шихти на основі наявних в Україні вугільних ресурсів.

З огляду на це, нестача вітчизняних та вартісність імпортованих марок добреспільного вугілля спричинює актуальність вибору та проробки технологічних напрямків, які могли б забезпечити промислове впровадження раціональних методів спрямованого регулювання властивостей коксу з метою покращення економічних показників його виробництва за рахунок стабілізації та здешевлення сировинної (вугільної) бази.

Застосовувавши технології трамбування вугільної шихти та коксування без уловлювання хімічних продуктів, можна використовувати у якості сировини вітчизняні малометаморфізовані вугільні концентрати і при цьому одержувати кокс з поліпшеними показниками CRI і CSR. Адже враховуючи це, є доцільним встановити можливість використання густинної фракції малометаморфізованого вугілля марки ДГ у складі шихти, з урахуванням сучасних технологій трамбування та коксування.

Визначення складу, властивостей вугілля та шихт проведено за стандартизованими експериментальними методами: ситовий, технічний (вміст загальної ( $W^r$ ) і аналітичної ( $W^a$ ) вологи, зольність ( $A^d$ ), вміст загальної сірки ( $S_t^d$ ) та вихід летких речовин ( $V^{daf}$ )), пластометричний (пластометрична усадка ( $X$ ) та товщина пластичного шару ( $Y$ )), петрографічний (середній довільний показник відбиття вітриніту ( $R_0$ ), вміст вітриніту ( $V$ ), семівітриніту ( $Sv$ ), інертиніту ( $I$ ), ліптиніту ( $L$ ), рефлектограма вітриніту) аналіз, а також визначення марочної належності вугілля щодо ДСТУ та міжнародних стандартів ISO.

Для характеристики технологічної цінності густинної фракції малометаморфізованого вугілля

Таблиця 1

Характеристика вугільних концентратів

№	Марка вугілля	Пластометрія, мм		Технічний аналіз, %				Петрографія	
		х	у	A <sup>d</sup>	S <sub>t</sub> <sup>d</sup>	V <sup>daf</sup>	W <sup>a</sup>	R <sub>0</sub>	ΣСК
1	ДГ густинна фракція (1,25–1,30 г/см <sup>3</sup> )	30	12	2,10	1,07	40,40	2,00	0,72	81,40
2	Г	34	19	7,70	2,17	37,90	2,10	0,84	82,00
3	ГЖ	30	21	9,60	1,26	34,50	2,00	1,10	88,50
4	Ж	29	30	8,20	1,52	30,80	2,40	1,10	88,90
5	К	24	25	8,50	1,78	23,50	2,00	1,24	88,10
6	ПС	17	8	8,40	0,67	17,80	2,00	1,37	77,00
7	П	11	6	8,90	1,05	12,50	1,90	1,40	70,00

ля марки ДГ [1] у складі трамбованої шихти використовували вугільні концентрати, властивості яких наведені в табл. 1.

На етапі розробки вугільних шихт керувались можливими обмеженнями наступних показників: зольність, вміст загальної сірки (табл. 1), хімічний склад золи компонентів вугільної шихти та їх індекси основності (табл. 2). Крім цього, вугільна шихта для трамбування повинна складатися за технічними умовами ПрАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» з 60–75 – слабкоспівклової частини та 25–30 – співклової частини (мас.%). Так, з урахуванням значень цих показників та технічних умов було розроблено 4 варіанти вугільної шихти, які спрямовані на зменшення частки у складі шихти вугілля марки К. Їх марочний та компонентний склад надані в табл. 3, а характеристики – в табл. 4.

Процес трамбування та коксування здійснювали наступним чином. Зволожену до 10–12% шихту з гранулометричним складом 1–3 мм завантажували в кількості 5 кг у спеціальну матрицю з товстого картону, трамбували з використанням 50 т пресу до щільності вугільного завантаження 1100–1150 кг/м<sup>3</sup> та вставляли в реторту. Підготовлену реторту до експерименту ставили в автоматичну піч СНОЛ. Нагрів вели до кінцевої температури  $\approx 850^{\circ}\text{C}$  з вдунням повітря в якості окиснювача (за технологією без уловлювання хімічних продуктів) та класичною (без доступу повітря). Охолодження лабораторного коксу відбувалося в реторті до температури доквілля. Одержані зразки коксу досліджували за методикою Nippon Steel Corporation (Японія) згідно зі стандартом ISO 18894:2006 (ДСТУ 4703:2006), що передбачає газифікацію проби коксу крупністю

19,0–22,4 мм масою 200 г (яку приготували з доменного коксу фактичної крупності) в спеціальній установці протягом двох годин та визначали реакційну здатність *CRI* (за ступенем втрати маси) та міцність коксу після реакції з  $\text{CO}_2$  *CSR* (за виходом класу більше 9,5 або 10 мм після обробки протягом 30 хвилин в барабані довжиною 700 та діаметром 130 мм).

#### **Результати та обговорення**

Умови отримання коксу за технологією без уловлювання хімічних продуктів передбачають повне спалення хімічних продуктів над вугільним завантаженням безпосередньо в камері коксування [2]. Класична технологія базується на отриманні коксу без доступу повітря<sup>1</sup>. Проте автори, які проводили дослідження на печах, що працюють за технологією без уловлювання, навели принципові аргументи щодо поліпшення показників доменного коксу [3]: «... поліпшення значення показника *CSR* та *CRI* характеризується кількістю відкладень піролітичного вуглецю в шарі коксу». Інакше кажучи, використовуючи технологію коксування без уловлювання хімічних продуктів, можливо впливати на поліпшення показників якості доменного коксу, а саме *CSR* та *CRI*. Так, виходячи з іноземної практики, було дуже цікаво встановити подібне явище, з використанням сировинної бази коксування України, в реальних умовах лабораторії Інституту «Технології палив і енергії» (м. Забже, Польща).

У табл. 5 наведені характеристики отриманих лабораторних коксів з вугільних шихт за двома технологіями: без уловлювання хімічних продуктів № 1 варіанти 1.1–1.4 та класичною № 2 варіанти 2.1–2.4. Дані таблиці свідчать, що технічні показники якості коксу № 1 (1.1–1.3) та

Таблиця 2

**Хімічний склад золи вугільних концентратів та розраховані індекси основності**

№	Хімічний склад золи, %								Індекс основності, од.
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	
1	44,52	30,91	4,74	1,89	6,31	0,74	0,37	3,70	2,38
2	48,72	23,82	7,98	2,77	7,01	1,35	1,80	3,57	3,96
3	44,20	22,54	9,48	2,77	8,41	0,80	1,37	6,89	5,20
4	47,96	23,82	8,98	2,39	5,61	1,48	1,72	4,71	3,47
5	53,14	26,40	4,74	1,39	5,08	1,27	0,62	3,70	3,09
6	47,88	24,79	7,48	2,52	6,84	1,08	1,80	5,40	3,31
7	40,88	26,72	5,24	2,90	10,17	2,21	0,84	5,63	3,87

<sup>1</sup> Eisbacher-Lubenski J, Kiltinger F, Pichter S. High-temperature changes of coke in blast furnace during iron production: forensic psychiatric resource page. European coke and Ironmaking Congress, Bardolino, Italy; 2024 October 16-18. Available from: <http://www.fems.org/event/9th-ecic-9th-european-coke-ironmaking-congress>.

№ 2 (2.1–2.3) становили: зольність 11,00–11,50%, вміст сірки  $\approx 1,05$ –1,20% та вихід летких речовин 0,8–1,1%, що відповідає виписці з діючих норм якості доменного коксу ПрАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» за ТУ У 23.1-00190443-086:2006 (табл. 6) маркам КД2 та КД3. Найкращі технічні показники мають кокси № 1.4 та № 2.4, у яких показники знаходяться практично на одному рівні та становлять  $A^d=10,7\%$ ,  $S_t^d=1,00$ , за якими кокси можна віднести до марки КД1. Треба зазначити, що частка рідинної фракції у складі вугільної шихти для одержання коксів № 1.4 та № 2.4 знаходилась в максимальній кількості та складала 20% (табл. 4).

Аналізуючи показник вихід коксу № 1 (1.1–1.4) та № 2 (2.1–2.4), необхідно відзначити, що він безпосередньо залежить від виходу летких речовин з дослідних вугільних шихт та технології коксування, і за результатами коксувань склав № 1 (1.1–1.4) від 71,8 до 70,9%, а № 2 (2.1–2.4) 72,2–71,1. Отримані дані показують, що за технологією без уловлювання хімічних продуктів, дещо знижується вихід коксу в порівнянні з коксом, який був одержаний за класичною технологією. Автори [2,4–6] пов'язують таке явище з тим, що за технологією без уловлювання хімічних продуктів відбувається озолення верхнього шару коксу в підсклепінному просторі камери, яке сприяє зменшенню виходу коксу до 0,6%, а за класичною технологією цей показник сягає близько 0,3%.

Відповідно до методики проведення лабораторних коксувань, механічні властивості коксу оцінювались двома показниками: механічна міцність П25 та стирання П10. Для переходу на промислові значення механічної міцності М25 та стирання М10 застосовується коефіцієнт, отриманий в результаті численних напрацювань при проведенні науково-дослідних робіт та експлуатації цієї установки протягом тривалого періоду.

Аналізуючи показники механічних властивостей якості одержаних коксів, можна відзначити, що найбільш високими показниками механічної міцності лабораторного коксу характеризуються кокси, що були отримані за технологією без уловлювання хімічних продуктів № 1 (1.1–1.4) за показником  $M25=88,7$ –89,3% та  $M10=5,4$ –6,5%. Що стосується реакційної здатності (CRI) та міцності залишку коксу після реакції з  $CO_2$  (CSR), всі варіанти отриманого коксу мають кращі значення, враховуючи несприятливі співвідношення основних та кислотних оксидів хімічного складу золи (табл. 2). За показником реакційної здатності CRI результати перебувають у діапазоні 27,08–35,28%, за показником міцності коксу після реакції CSR  $\approx 55,00$ –60,06%. Найкращими за цими показниками виявились кокси № 1.1 та № 1.2, що були одержані за технологією без уловлювання хімічних продуктів. Однак, якщо порівняти за комплексом показників норм якості доменного коксу (КД) (табл. 6), то всі вони відносяться до марок КД2 та КД3. Кокс № 1.4

Таблиця 3

Частка вугільних концентратів у дослідних вугільних шихтах

Номери дослідних шихт	Частка вугільних концентратів в шихті за відповідним номером, %						
	Густинна фракція	Г	ГЖ	Ж	К	ПС	П
	1	2	3	4	5	6	7
№ 1	0	25	15	20	25	10	5
№ 2	10	25	15	20	15	10	5
№ 3	15	25	15	20	10	10	5
№ 4	20	25	15	20	5	10	5

Таблиця 4

Характеристики дослідних вугільних шихт

Номери дослідних шихт	Індекс основності, од., ( $B_b$ )	Пластометрія, мм		Технічний аналіз, %				Петрографія	
		x	y	$A^d$	$S_t^d$	$V^{daf}$	$W^a$	$R_0$	$\Sigma SK$
№ 1	3,76	27	21	8,40	1,65	28,3	2,00	1,11	84,80
№ 2	3,69	27	20	7,72	1,55	28,7	1,98	1,06	84,15
№ 3	3,65	28	19	7,40	1,48	28,8	2,05	1,02	83,77
№ 4	3,60	29	18	7,12	1,44	29,0	2,00	1,00	83,44

практично відповідає нормам марки КД1, але значна кількість густинної фракції малометаморфізованого вугілля негативно впливає на показник реакційної здатності CRI підвищуючи його до 33,28%, а кокс № 2.4 має ще більш високий цей показник CRI=35,08%, що істотно впливає на їх маркування у якості доменного палива – до марок КД2 та КД3, відповідно.

Таким чином, встановлено, що використання густинної фракції малометаморфізованого вугілля у складі шихти замість вугілля марки К можливе за рахунок процесів трамбування та коксування без уловлювання хімічних продуктів. Таке технологічне рішення базується на низці важливих чинників, які відіграють головну роль при асоціації надмолекулярних графітосомних структур вуглецевого тіла коксу. Так, за рахунок трамбування відбувається створення тиску у вугільному завантаженні на поверхні кожної вугільної частинки зерна. Підвищений тиск приводить не тільки до більш повного використання утворених при деструкції рідинних продуктів як пластифікаторів, але і до утворення всередині кожного зерна додаткової кількості рідини за рахунок легких речовин. Використання процесу коксування без уловлювання легких хімічних продуктів сприяє кращій взаємодії вугільних зерен між собою, встановлюючи більш повний контакт до утворення однорідної пластичної маси. Це пов'язано з тим, що рідинні продукти, які утворюються при деструкції і діють всередині частинки зерна як пластифікатори, виділяються на її поверхню тим легше, чим нижчий тиск на поверхні

зерна. Причому їх концентрація всередині зерна може знизитися, що, в свою чергу, гальмує виділення рідинних продуктів деструкції і сприяє підвищенню концентрації надмолекулярних графітосомних структурних утворень. Подібний ефект відбувається за рахунок утворення однорідного просторового розподілу температур по завантаженню, підвищення періоду коксування, можливості вільного розширення, як по висоті, так й по товщині вугільного завантаження, а також рівномірного ущільнення трамбованої шихти. Всі ці чинники, сприяють підвищенню концентрації надмолекулярних графітосомних структур у вуглецевому тілі коксу, що відображається на поліпшенні якості показників доменного коксу, а саме CRI та CSR.

#### **Висновки**

Результати проведених досліджень та лабораторних коксувань вугільних шихт, які містять густинну фракцію малометаморфізованого вугілля показують, що такий технологічний підхід сприяє розвитку нової технології виробництва коксу без уловлювання хімічних продуктів коксування, що дає можливість одночасно вирішити низку питань, дуже важливих для нашої країни, а саме: не забруднювати навколишнє середовище, корегувати процес коксування, розширювати сировинну базу коксування і отримувати доменний кокс поліпшеної якості марок КД2 та КД3 за діючими стандартами ПрАТ «Арселор-Міттал Кривий Ріг».

Підтверджено, що технологія без уловлювання сприяє поліпшенню значення показників

Таблиця 5

**Показники середньозважених експериментальних проб коксів**

№	Технічний аналіз, %			Механічна міцність, %				Показники за ДСТУ 4703:2006, %		Вихід коксу, %
	A <sup>d</sup>	S <sub>t</sub> <sup>d</sup>	V <sup>daf</sup>	Лабораторного коксу		Прогнозованого промислового коксу		CRI	CSR	
				П25	П10	М25	М10			
1	Кокс, одержаний за технологією без уловлювання хімічних продуктів									
1.1	11,30	1,15	0,80	91,7	6,5	88,7	7,5	27,08	60,06	71,8
1.2	11,30	1,08	0,80	92,3	5,7	89,3	6,7	28,61	60,03	71,0
1.3	11,00	1,05	0,90	92,0	6,0	89,0	7,0	31,12	59,53	71,0
1.4	10,70	1,00	0,90	91,0	5,4	88,0	6,4	33,28	59,07	70,9
2	Кокс, одержаний за класичною технологією									
2.1	11,50	1,20	1,00	89,5	6,2	86,5	7,2	34,52	56,06	72,2
2.2	11,20	1,18	0,90	90,3	6,7	87,3	7,7	34,61	55,73	71,5
2.3	11,00	1,15	1,10	89,3	6,7	86,3	7,7	35,03	55,30	71,4
2.4	10,70	1,00	1,10	90,0	6,5	87,0	7,5	35,08	55,00	71,1

CSR та CRI дослідних коксів в порівнянні з коксами, які були отримані за класичною технологією. Встановлено, що вугільна шихта для отримання коксів марок КД2 та КД3 може взагалі не вмещувати таке дефіцитне вугілля, як добре-спікливе марки К. Але показники коксів CSR та CRI декілька залежать від наявності цієї марки у складі шихти для коксування. Тому частку добре-спікливого вугілля марки К у складі шихти можна знизити до максимуму на рівні 5–10%.

Обмеження використання запропонованого методу може бути пов'язано з використанням додаткового обладнання, технічними умовами та будівництвом нових коксових печей, які працюють за принципом спалювання хімічних продуктів коксування над вугільним завантаженням. Недоліками запропонованого технологічного рішення є те, що розроблена пілотна установка в умовах лабораторії Інституту «Технології палив і енергії» (м. Забже, Польща), а не в умовах промислової лабораторії ПрАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» (м. Кривий Ріг, Україна).

Розвиток такої світової технології є перспективним. Це пов'язано з тим, що не забруднюється навколишнє середовище, виробляється електрична енергія, контролюється процес коксування, розширюється вугільна сировинна база коксування та є можливість отримувати кокс поліпшеної якості за рахунок утворення однорідного просторового розподілу температур по завантаженню, підвищення періоду коксування, можливості вільного розширення, як по висоті, так й по товщині вугільного завантаження, а також рівномірного ущільнення трамбованої шихти. Доведена ефективність подібної технології іноземними країнами, зокрема, в даний час виробництво коксу без уловлювання хімічних продуктів коксування здійснюється у США (Indiana Harbor Coke Company LTD), Австралії (Illawara Coke Company PTY LTD), Індії (Sesa Kembla Coke

Company LTD), Китаї (Shanxi Sinochem Wonder Industries Company LTD) та Німеччині (PENNSYLVANIA COKE TECHNOLOGY, INC & Thyssen Krupp Encoke\Koch Transporttechnik).

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Starovoyt A.G., Malyi E.I., Sorokin E.L.* Investigation of the molecular and supramolecular structure of individual fractions of low-metamorphosed coal for their inclusion in the coking process as part of the coal charge // *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii*. – 2025. – No. 3. – P.126-136.
2. *Walker D.N., Barkdoll M.P.* Sun Coke Company's heat recovery cokemaking technology. High coke quality and low environmental impact // *Revue de Metallurgie*. – 2003. – Vol.100. – No. 3. – P.233-241
3. *Dependence of CRI and CSR on the dimensions of oriented molecular domains and the ash composition of the coke / Alekseev D.I., Krylova S.A., Gorlenko D.A., Zhidkov M.Yu., Gelivanov A.M., Islamgulov R.I., Shaykhislamova T.A.* // *Coke Chem.* – 2023. – Vol.66. – P.109-123.
4. *Investigation of coke quality variation between heat-recovery and byproduct cokemaking technology / Nyathi M.S., Kruse R., Mastalerz M., Bish D.L.* // *Energy Fuels*. – 2017. – Vol.31. – No. 2. – P.2087-2094.
5. *Modified coal batch in coking / Starovoyt A., Malyi E., Chemerinskii M., Starovoyt M., Krivonos V., Danilov A., Solov'ev M.* // *Coke Chem.* – 2013. – Vol.56. – P.157-160.
6. *Starovoyt A.G., Malyi E.I., Chemerinskii M.S.* Influence of microwave-treated G coal in the batch on the coke quality // *Coke Chem.* – 2012. – Vol.55. – P.444-447.

Надійшла до редакції 13.11.2025

Надійшла після виправлення 21.01.2026

Прийнята до публікації 22.04.2026

Опублікована 26.06.2026

Таблиця 6

Виписка норм якості доменного коксу з ТУ У 23.1-00190443-086:2006

Найменування показників	Норма для марки		
	КД1	КД2	КД3
1. Зольність $A^d$ , %, не більш	10,7	11,0	11,5
2. Масова частка сірки $S_t^d$ , %, не більше	1,6	1,8	2,0
3. Показники міцності, %			
M25, не менше	86,0	86,0	86,0
M10, не більше	7,5	8,0	8,0
4. Показники: CRI (не більше)	29	34	35
CSR (не менше)	56	48	45
5. Вихід летких речовин, $V^{daf}$ , %	0,8	1,0	1,2

**INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF THE DENSE FRACTION OF LOW-METAMORPHOSED COAL ON THE PROPERTIES OF COMPACTED COAL CHARGE FOR BLAST FURNACE COKE PRODUCTION**

S. Stelmach <sup>a,\*</sup>, A. Starovoyt <sup>b</sup>, E. Malyi <sup>b</sup>, E. Sorokin <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Instytut Technologii Paliw i Energii, Zabrze, Poland

<sup>b</sup> Ukrainian State University of Science and Technologies, Dnipro, Ukraine

\* e-mail: sstelmach@itpl.pl

The prospects for the use of certain fractions of low-rank coal to involve these fractions in the coking process as part of a packed coal blend are considered. Conventional technologies for the preparation and coking of low-rank coal within the blend do not sufficiently ensure the rational utilization of its organic matter. This negatively affects the quality indicators of blast furnace coke, namely the index of reactivity (CRI) and the strength after reaction with CO<sub>2</sub> (CSR). Thus, modern technologies aimed at increasing the proportion of organic matter from low-rank coal in the coal mixture through tamping and coking without the extraction of chemical products have been proposed. The research results have shown that tamping the coal mixture using a dense fraction of organic matter from low-rank coal as a separate fraction allows excluding K-grade coal from the tamped coal mixture. It was established that tamping the coal mixture and its coking without the extraction of chemical products promotes the plasticization of coal organic matter and the formation of dense, strong, and homogeneous coke that meets the technical specifications of coke for blast furnaces of KD2 and KD3 grades. The obtained scientific and experimental results made it possible to address a specific scientific and practical problem, namely, to develop the scientific and technological foundations for expanding the raw material base for coal coking in Ukraine.

**Keywords:** low-metamorphosed coal; dense fraction; compacted coal blend; coke reactivity index; coke strength.

**REFERENCES**

1. Starovoyt AG, Malyi EI, Sorokin EL. Investigation of the molecular and supramolecular structure of individual fractions of low-metamorphosed coal for their inclusion in the coking process as part of the coal charge. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii*. 2025; (3): 126-136. (in Ukrainian). doi: 10.32434/0321-4095-2025-160-3-126-136.
2. Walker DN, Barkdoll MP. Sun Coke Company's heat recovery cokemaking technology. High coke quality and low environmental impact. *Revue de Metallurgie*. 2003; 100(3): 233-241. doi: 10.1051/metal:2003172.
3. Alekseev DI, Krylova SA, Gorlenko DA, Zhidkov MYu, Gelivanov AM, Islamgulov RI, et al. Dependence of CRI and CSR on the dimensions of oriented molecular domains and the ash composition of the coke. *Coke Chem*. 2023; 66: 109-123. doi: 10.3103/S1068364X23700631.
4. Nyathi MS, Kruse R, Mastalerz M, Bish DL. Investigation of coke quality variation between heat-recovery and byproduct cokemaking technology. *Energy Fuels*. 2017; 31(2): 2087-2094. doi: 10.1021/acs.energyfuels.6b02817.
5. Starovoyt AG, Malyi EI, Chemerinskii MS, Starovoyt MA, Krivonos VV, Danilov AB, et al. Modified coal batch in coking. *Coke Chem*. 2013; 56: 157-160. doi: 10.3103/S1068364X13050086.
6. Starovoyt AG, Malyi EI, Chemerinskii MS. Influence of microwave-treated G coal in the batch on the coke quality. *Coke Chem*. 2012; 55: 444-447. doi: 10.3103/S1068364X12120058.