

Каширная Н.О., Коренев О.В., Сорокин Е.Л. Старовойт А.Г., Малий Є.І., Старовойт М.А.

Аналіз процесів та методів розширення сировинної бази коксування

Повідомлення 2. Сучасні уявлення щодо розширення сировинної бази коксування

Kashirnaya N.O., Korenev O.V., Sorokin E.L. Starovoit A.G., Maly E.I., Starovoit M.A.
Analysis of processes and methods for expanding the raw material base of coking
Message 2. Modern ideas on expanding the raw material base of coking

Мета. Аналіз постсучасних методів, що дозволяють розширяти сировинну базу коксування задля ефективного використання викопних природних ресурсів країни.

Методика. Аналіз надсучасних та сучасних методів і технологій, що стосуються методології розширення сировинної бази коксування.

Результати. Аналіз сучасних методів, що стосуються розширенню сировинної бази коксування дозволив визначити пріоритетні напрями які дозволять суттєво знизити навантаження на природні ресурси та їх збереження.

Наукова новизна. Набуті знання, з наведеного аналізу дозволять спонукати до визначення та отримання нових уявлень щодо будови горючих копалин, а саме викопного вугілля.

Практична значимість. Вивчення питання щодо розширення сировинної бази коксування дозволило встановити недостатність знань та наукових положень про структуру спікливого вугілля та його властивості, що спонукає в дослідженнях його будови та властивостей.

Ключові слова. Сировинна база коксування, термічна підготовка вугільної шихти, властивості вугілля, фуси, модифікація властивостей вугілля, склад вугілля, будова вугілля, термодинамічні властивості.

Purpose. Analysis of postmodern methods that allow expanding the raw material base of coking for the effective use of the country's fossil natural resources.

Methodology. Analysis of ultramodern and modern methods and technologies related to the methodology for expanding the raw material base of coking.

Results. Analysis of modern methods related to expanding the raw material base of coking made it possible to identify priority areas that will significantly reduce the load on natural resources and their conservation.

Scientific novelty. The knowledge acquired from the above analysis will allow to encourage the definition and obtaining of new ideas about the structure of combustible minerals, namely fossil coal.

Practical significance. Studying the issue of expanding the raw material base of coking made it possible to establish the insufficiency of knowledge and scientific provisions about the structure of sintering coal and its properties, which encourages research into its structure and properties.

Keywords. Coking raw material base, thermal preparation of coal charge, coal properties, slag, modification of coal properties, coal composition, coal structure, thermodynamic properties.

Відновлення країни під час бойових дій та після перемоги потребує відновлення металургійної промисловості. Сучасні умови відбиваються на підвищенні проблем пов'язаних з нестачею сировини. Особливо гострою є питання з сировинною базою коксування, що є наслідком окупації територій нашої країни на яких знаходяться основні запаси добреспікливого вугілля. Таким чином, вивчення технологій та методів розширення сировинної бази коксування є вельми актуальною проблемою сьогодення.

Наявні методи щодо розширення сировинної бази коксування в сучасних умовах, є малоефективними або економічно недоцільними, а також потребують чималих капіталовкладень. Проте у наш час набуває популярності група методів, націлена на регулювання властивостей спікливого вугілля шляхом спрямованого впливу на природу вугілля.

Отже, група методів, що ґрунтується на цілеспрямованому впливі на природу вугілля шляхом перерозподілу компонентного складу, тобто на спрямованому регулюванні властивостей, є найбільш перспективною. Ця група характеризується тим, що

© Каширная Н.О. – аспірант УДУНТ
Коренев О.В. – аспірант УДУНТ
Сорокин Е.Л. – д.т.н., УДУНТ
Старовойт А.Г. – д.т.н., проф. УДУНТ
Малий Є.І. – д.т.н., проф. УДУНТ
Старовойт М.А. – к.т.н., УДУНТ

Kashirnaya N. - PhD student at USUST
Korenev O.V. - PhD student at USUST
Sorokin E.L. – d.t.s., USUST
Starovoit A.G. – d.t.s., prof. USUST
Maly E.I., – d.t.s., prof. USUST
Starovoit M.A. – c.t.s., USUST

розширення сировинної бази коксування відбувається через залучення до складу вугільної шихти вугілля, використовуваного в енергетиці. Тут необхідно зазначити, що використання енергетичного вугілля під час виробництва металургійного коксу без зміни його технологічних властивостей призводить до зниження якості отриманого вуглецевого відновника. Тому для використання зазначеного методу необхідно детальне вивчення можливості зміни властивостей низькометаморфізованого вугілля, а також структури і властивостей спікливого вугілля.

Поширений метод розширення сировинної бази коксування полягає у використанні спікливої зв'язуючої речовини в шихті для коксування як спікливої домішки [1 - 4] та утилізації відходів коксохімічного підприємства. Коксохімічне підприємство має значну кількість відходів, до складу яких входить вуглець – це фузи (67%), кисла смолка (30%), полімери (3%) тощо. Утилізацію цих відходів здійснюють шляхом додавання їх до вугільної шихти та подальшого коксування або використовують їх як зв'язуючу речовину в процесі виробництва брикетів для додавання до вугільної шихти.

Використання рідких відходів дозволяє покращити показники коксу (CRI і CSR) та зменшити вміст спікливого вугілля марок К і Ж у шихті для коксування, замінивши його на низькометаморфізоване вугілля [5].

Проте використання зазначеної технології ще потребує додаткових досліджень, зокрема вивчення фізико-хімічних характеристик вуглецевих відходів для раціонального їх використання. До складу вуглецевмісних відходів входить значна кількість води, яка є непостійною, також вони містять значну кількість сірки, сірчистої кислоти та сульфатів, що негативно впливає на якість коксу [2, 6, 7].

Використання цих речовин як зв'язуючих для брикетування в чистому природному вигляді, без переробки, досить проблематичне, тому що неможливо контролювати показники якості брикетів зі зміною складу відходів, отриманих у різний час технологічного процесу.

Склад вугільної шихти також впливає на якість брикетів, тому що зі зміною стадії метаморфізму змінюються і процеси взаємодії з відходами коксохімічного виробництва, зокрема змінюється процес склеювання вугільних часток, що впливає на міцність брикетів.

Але встановлено [2], якщо контролювати процес виготовлення брикетів, зокрема тиск пресування, склад і кількість зв'язуючої речовини, марочний склад вугільної шихти та ступінь метаморфізму вугілля, то можна таким чином вирішити питання сировинної бази коксування, проте процес є досить складним.

Досить ефективним методом є термічна підготовка шихти для коксування. Термічна підготовка передбачає два процеси [8]:

1. Глибоку сушку шихти з доведенням її вологості до 0,5% (як правило, завод отримує вугілля з вологістю 8-10%).

2. Попереднє нагрівання шихти поза камерою коксування до 150- 200°C.

Глибока сушка при 100°C супроводжується повним видаленням навіть гігроскопічної вологи (волога, що утворюється при синтезі H_2 і O_2 у камері коксування при високій температурі).

Коксування термічно підготовленої вугільної шихти має такі переваги [8-12]:

– покращується якість коксу (міцність, рівномірність за розміром);

– розширюється сировинна база коксування за рахунок збільшення в шихті частки слабкоспікливого і газового вугілля;

– підвищується продуктивність коксових печей на 25-40%;

– зменшується кількість стічних вод.

У процесі термopідготовки позитивним є також збільшення насипної густини вугільного завантаження в камері коксування. Це призводить до того, що спікливість вугільного завантаження підвищується за рахунок підвищення щільності поверхневого контакту зерен вугілля, збільшується швидкість нагрівання у стадіях, що передують переходу в напівкокс, зменшується тріщинуватість коксу за рахунок зниження перепаду температур у завантаженні й зменшення градієнта швидкостей усадки суміжних шарів напівкоксу, є тенденція до зниження сірчистості коксу [13- 15].

Технологія використання термічно підготовленої вугільної шихти перед коксуванням має свої позитивні та негативні сторони. Проте технологія «Прекарбон» досить успішно використовується на коксохімічних підприємствах впродовж багатьох років, а також, як зазначено в дослідженнях [16 - 21], є перспектива отримання високоякісного коксу в умовах погіршення сировинної бази коксування.

Механічна міцність термічно підготовленої шихти значно більша і в процесі збільшення кількості слабкоспікливого вугілля незмінна, тобто як стверджують автори, термічно підготовлена шихта дозволяє отримати рівномірний та якісний кокс при коливанні якості вугільної шихти [22]. Дослідження [23], що проводили в доменних печах з використанням коксу, до складу якого входило вугілля з вмістом 40% газового слабкоспікливого вугілля, показали досить ефективні результати: CSR – 44,9 % і CRI – 42,3 %.

Подібні дослідження проводили і на ВАТ «Ясиніватському коксохімічному заводі» [24], у роботі висвітлено результати досліджень високо реакційного коксу з термічно підготовленої шихти у феросплавній промисловості.

Одним з методів розширення сировинної бази коксування є термічна підготовка вугілля в електромагнітному полі, що дає можливість використовувати низькометаморфізоване вугілля в шихті для коксування без погіршення його якісних показників [25 - 27]. Підготовка слабкоспікливого вугілля за

допомогою електромагнітної енергії допомагає отримати глибокі внутрішньомолекулярні зміни за рахунок процесу гідрогенізації. З результатів дослідження видно, що вугільна шихта, до складу якої входить термічно підготовлене слабкоспікливе вугілля марки Г, має більшу насипну масу, збільшується швидкість коксування, зміна, що відбувається на молекулярному рівні в органічній масі термічно підготовленого вугілля призводить до зміни в реакціях розкладення в процесі коксування.

Проте враховуючи всі позитивні впливи термічної підготовки вугільної шихти або окремих марок вугілля, варто зазначити і недоліки, які не дають повною мірою користуватися цією технологією на коксохімічних підприємствах [28].

Додавання органічних домішок до вугілля характеризується великою різноманітністю властивостей і можуть бути класифіковані за ознаками: отримані під час переробки вугілля або нафти; термодеструктивного та іншого походження; зв'язувальні та спікливі; мезогенні та немезогенні; вуглеводні та складні технічні суміші. Гідрогенізація як метод надає великі можливості щодо отримання з вугілля різноманітних напівпродуктів від простих вуглеводнів до складних органічних сполук, що містять кисень, сірку та азот.

Перспективним напрямом є гідрування слабкоспікливого вугілля для підвищення його технологічних властивостей за рахунок приєднання невеликої кількості водню. Існують методи з використанням фусів кам'яновугільних, що використовують в'язкоплинні або твердов'язкі.

Домішки фусів покращують якість коксу і не є затратними. На цей час органічні домішки, як модифікатори конкретної марки вугілля для отримання якісного доменного коксу, практично не застосовуються через велику різноманітність властивостей як домішок, так і вугілля [29 - 35].

Використання мінеральних компонентів як домішок у процесі отримання коксу [36, 37] (наприклад, шламу, шлаку тощо) також не є досить поширеним. Ця технологія спрямована на отримання спеціальних видів коксу. Всі мінеральні складові вугілля і штучно додані до нього неорганічні домішки

вивчалися з погляду їх впливу на реакційну здатність коксу [23, 5]. Домішки в кількості від 0,5 до 2,5% таких речовин як залізняк, оксид кальцію, крейда, виявляють себе активаторами реакційної здатності, а такі речовини як бор, кремнезем, глинозем і сірка є інгібіторами цієї властивості коксу.

З результатів досліджень, висвітлених у роботах [37 - 46] встановлено, що мінеральна домішка червоного шламу не інертний компонент вугільної шихти, а активна домішка. Доведено, що використання червоного шламу в кількості 0,5% з газовим вугіллям позитивно впливає на рівні в'язкості пластичної маси у період найбільшого газовиділення, що призводить до зниження газопроникності вугільного завантаження, а також збільшує процес спучування. Оцінку впливу цього фактору визначали за допомогою показника виходу коксового залишку, що дозволило розкласти складну дисперсію на складові та оцінити за певними критеріями, які показали суттєвий вплив червоного шламу на вихід коксового залишку.

Дослідження, в яких висвітлено результати спільної взаємодії мінеральних компонентів з вугільною складовою, зокрема вивчення взаємодії щодо спікання та спікливої здатності, дали позитивні показники [47 - 50]. Кінетика взаємодії цих компонентів, яка була проведена за допомогою деривотографічного аналізу, показала, що додавання червоного шламу збільшує енергію активації. У газового вугілля вона становить 54500 кал/моль, а з додаванням червоного шламу – становить 65000 кал/моль.

Отже, додавання до вугілля та вугільної шихти мінеральних домішок ускладнюється на стадіях підготовки сировинних матеріалів, їх дроблення, пресування, формування, а також під час виробництва доменного коксу [37].

Проте, переглянувши основні методи, які надають можливість розширити сировинну базу коксування, було встановлено, що відсутні або не повною мірою висвітлені відомості щодо взаємодії вугільних компонентів, які входять до складу вугільної шихти, у процесі термічного піролізу.

Бібліографічний опис

1. Гордиенко А.И. Повышение качества доменного кокса ОАО «Ясиновский КХЗ» путем введения в шихту углеродородных добавок / А.И. Гордиенко, А.Н. Бирченко, А.А. Шевченко и др. // Углекислотный журнал. – 2008. – № 5-6. – С. 32-37.
2. Збиковський Є.І. Ресурсозберігаюча технологія комплексної енерго-хіміко-технологічної переробки вугілля в умовах коксохімічного виробництва / Є.І. Збиковський // Покровськ: ДВНЗ «ДонНТУ». 2019. 271 с.
3. Гребенюк А.Ф. О методах прогнозирования выхода продуктов коксования / А.Ф. Гребенюк, Э.И. Збиковский, А.И. Зыковский // Кокс и химия. 2004.- № 11, С.20-24.
4. Сорокин Е.Л. Изучение характера взаимодействия реактопластов со спекающимся углем. / Е.Л. Сорокин, К.В. Байкина // Кокс и химия. – 2012. – № 2. – С.8-10.
5. Коломийченко А.И. Улучшение качественных показателей CSR и CRI доменного кокса с помощью неорганических веществ. / А.И.Коломийченко, И.В.Золотарев, В.А.Саранчук, Е.И.Зыковский, Т.Г.Шендрик // Углекислотный журнал. – 2007. - № 5. – С. 50-54.
6. Ильяшов М.А. Возможности использования жидких углеродсодержащих попутных продуктов коксования в качестве связующего при брикетировании угольной шихты / М.А. Ильяшов, И.В. Золотарев, В.А. Тамко и др.// Углекислотный журнал. 2012.- № 5-6. С.71-79.
7. Чешко Ф.Ф. Предварительная обработка вторичных продуктов химического производства перед их подачей в шихту для коксования / Ф.Ф.Чешко, И.Н.Питюлин, Э.Т.Торяник и др. // Кокс и химия, - 2002. - № 9, - С. 22-25.

8. Скляр М.Г., Лурье М.В. Пути изучения механизма термохимических превращений углей. Теория и практика подготовки и коксования углей. – 1976 - С.44-54.
9. Васильев Ю.С. Термическая подготовка шихты и качество кокса / Ю.С.Васильев, Л.П.Семисалов, Л.Г.Скорнякова // Кокс и химия. – 1985 - №3 - С.7-12.
10. Ухмылова Г.С. Термическая подготовка шихты для коксования за рубежом. Экспресс-информация. – 1978 - №4 - С.1-12.
11. Хаджиогло А.В. Основные технические решения по термической подготовке шихты. Тематический сборник научных трудов УХИН. – 1988 - С.19-26.
12. Еркин Л.И., Петров В.К.,Бернацкая М.А. Термическая подготовка углей для коксования // Кокс и химия. - 1969. - №2 - С.13-17
13. Зашквара В.Г., Шелков А.К. Об уровне нагрева угольной шихты при термической ее подготовке перед коксованием. // Кокс и химия. – 1973 - №9 - С.10-13.
14. Наумов Л.С., Скляр М.Г. Улучшение качества металлургического кокса // Кокс и химия. – 1982 - №7 - С.13-15.
15. Старовойт А.Г., Малий Є.І., Чемеринський М.С., Старовойт М.А. Теорія і практика процесів модифікації сировини при виробництві доменного коксу поліпшеної якості : монографія. Харків : ФОРМ ЛІБРУКІНА Л.М., 2019. 184 с.
16. Гавриков В.В. О влиянии термической подготовки углей перед коксованием на выход кокса / В.В. Гавриков, Л.Г.Синцеров, А.В.Колосов // Кокс и химия. – 1977. - №3. – С.12-14.
17. Духан В.Н. К вопросам изменения термических свойств углей в результате нагрева и сушки шихты перед коксованием / В.Н.Духан, Н.С. Грязнов // Кокс и химия. – 1967. - №7 – С.6-12.
18. Сперанская Г.В. Научные основы производства формованного металлургического кокса из слабоспекающихся углей / Г.В.Сперанская, Ю.Б. Тютюнников, Л.И. Еркин и др. // - М: Металлургия, 1987. – 272 с.
19. Васильев Ю.С. Первая промышленная коксовая батарея с установкой термической подготовки шихты Украины как способ повышения ресурсо- и энергоэффективности металлургической отрасли / Ю.С. Васильев, А.И.Гордиенко, Г.В. Долгарев и др. // Углекислотный журнал. – 2010. – № 3-4. – С. 48-52.
20. Васильев Ю.С. Опыт промышленного использования термической подготовки угольной шихты перед коксованием / Ю.С. Васильев, А.И.Гордиенко, Г.И. Долгарев // Кокс и химия. – 2008. – № 7. – С. 22-25.
21. Збыковский Е.И., Новицкий П.Л., Логвинов А.В. Термическая подготовка угольной шихты к коксованию на опытной установке Донецкого КХЗ. // Кокс и химия. – 1986 - №12 - С.7-11.
22. Збыковский Є.І.Технологія утилізації відходів коксохімічного виробництва при частковому брикетуванні вугільної шихти перед коксуванням. Ресурсозберігаюча технологія комплексної енерго-хіміко-технологічної переробки вугілля в умовах коксохімічного виробництва. Покровськ :ДВНЗ «Дон НТУ», 2019.С. 21-28.
23. Васильев Ю.С. О влиянии качества кокса, полученного из термодобавочных шихт, содержащих слабоспекающийся уголь, на эффективность доменного процесса, использующего ПТУ / Ю.С. Васильев, А.И.Гордиенко, Г.И. Долгарев и др. // Углекислотный журнал. – 2008. – № 5-6. – С. 38-40.
24. Гордиенко А.И. Опыт освоения и эксплуатации опытно-промышленной установки термической подготовки шихты на ОАО «Ясиновский коксохимический завод» / А.И. Гордиенко, В.А. Редин, Г.В. Долгарев и др. // Углекислотный журнал. – 2008. – № 5-6. – С. 22-31.
25. Чемеринский М.С. Усовершенствование действующих технологий коксования угольных шихт путем внесения газового угля, термически подготовленного в электромагнитном поле: дис. канд. наук: 05.17.07 – химическая технология топлива и горюче-смазочных материалов / М.С. Чемеринский. – Днепропетровск, 2013. – 189с.
26. Чемеринский М.С. Усовершенствование способов подготовки угольной шихты для процесса коксования / М.С. Чемеринский, А.Г.Старовойт, Е.И. Малий // Кокс и химия. 2012. – № 7 – С. 26 – 29.
27. Нетушил А.В. Высокочастотный нагрев в электрическом поле / А.В. Нетушил, Б.Я. Жуховицкий, В.Н.Кудин. М.: Высшая школа. 1960. –143 с.
28. Семисалов Л.П. Разработка процесса термической подготовки угольной шихты и проблемы его промышленного внедрения. Состояние разработок и проблемы внедрения процессов коксования термодобавочных шихт и технологии формованного кокса. – 1982 - С.4-7.
29. Скляр.М.Г.Физико-химические основы спекания углей / М.Г.Скляр.- М: Металлургия – 1984 - 201с.
30. Диденко В.Е. Технология приготовления угольных шихт для коксования. - М: Высшая школа – 1980 – 432 с.
31. Грязнов Н.С. Основы теории коксования. - М: Металлургия – 1986 - 312с.
32. Лейбович Р.Е., Яковлева Е.И., Филатов А.Б. Технология коксохимического производства. М: Металлургия – 1982 - 360с.
33. Климовицкая А.Б., Бородина Г.Е. Угольные шихты для коксования и добавки к ним. // Кокс и химия. – 1989 - №6 - С.9-11.
34. Егоров В.М., Малый Е.И. Каменноугольные фусы как связующее и восстановитель при получении рудно-углеродистых брикетов. //Углекислотный журнал. - 2003. - № 1-2. - С. 47-48.
35. Тютюнников Ю.Б., Синцера Л.Г., Гречко Ю.І. та ін.. Органічні добавки у виробництві коксу. Київ : Техніка - 1971 - 96 с.
35. Зеленский О.И. Современные направления использования неспекающихся добавок в производстве кокса / О.И. Зеленский // Углекислотный журнал. 2013. – № 3. – С. 21-28.
37. Егоров В.М.Взаимодействие угля марки Г с красным шламом / В.М. Егоров, Е.Л. Сорокин // Углекислотный журнал. – 2003. – № 1 – 2. – С. 6-7.
38. Сорокин Е.Л. Изучение возможности использования «красного шлама» в качестве активной добавки / Е.Л. Сорокин // Сучасні проблеми металургії. – 2014. – № 17. – С. 77-83.
39. Sорокин Е.Л. Повышение качества кокса для недоменных производств / Евгений Леонидович Сорокин // Slovak international scientific journal / Chemistry. – Bratislava, Slovakia, 2019. – Vol. 1. – № 35. – P. 5-8.

40. Изучение кинетики взаимодействия рудной и угольной составляющей при их совместном нагревании / А.Г. Старовойт, Е.Л. Сорокин, Т.А. Кабак, Я.В. Фролов, О.С. Ермакова // Теория и практика металлургии: общегосударственный научно-технический журнал. – Днепропетровск: НМетАУ, 2012. – №3. – С. 62-65.
41. Сорокін Є.Л. Дослідження впливу добавки хромітової руди на фізико-хімічні та фізико-механічні властивості коксу / Є.Л. Сорокін, О.І. Довгополий // Вдосконалення виробництва палива та вуглецевих матеріалів, як чинник розвитку металургії та енергетики: матеріали Всеукраїнської наукової конференції студентів та молодих учених. – Дніпропетровськ, 2008. – С. 10-12.
42. Сорокін Є.Л. Дослідження зміни механічних властивостей хромококсу під впливом мінеральної добавки хромітової руди / Є.Л. Сорокін, Д.М. Цисар // Вдосконалення виробництва палива та вуглецевих матеріалів, як чинник розвитку металургії та енергетики: матеріали Всеукраїнської наукової конференції студентів та молодих учених. – Дніпропетровськ, 2008. – С. 19.
43. Сорокін Є.Л. Вивчення можливості модифікації спікливої здатності газового вугілля за допомогою залізної добавки / Є.Л. Сорокін, М.А. Онищенко // Вдосконалення виробництва палива та вуглецевих матеріалів, як чинник розвитку металургії та енергетики: матеріали Всеукраїнської наукової конференції студентів та молодих учених. – Дніпропетровськ, 2008. – С. 16.
44. Сорокін Е.Л. Дослідження властивостей фракцій слабкоспікливого вугілля / Е.Л. Сорокін, Л.Г. Кеуш // Теория и практика металлургии: Общегосударственный научно-технический журнал – Днепропетровск: : НМетАУ, 2013, - № 5-6 – С. 30-34.
45. Егоров В.М. Утилизация красных шламов в коксохимической промышленности / В.М. Егоров, Е.Л. Сорокин // Углекимический журнал. – 2002. – № 5-6 – С. 47-48.
46. Патент України № 68102 А, МПК С10В 57/00. Шихта для одержання металургійного коксу / Єгорова А.К., Клименко Ф.К., Сорокін Є.Л.; заявник та власник патенту Єгорова А.К., Клименко Ф.К., Сорокін Є.Л. – № 2003109054; заявл. 06.10.2003; опубл. 15.07.2004, бюл. № 7.
47. Старовойт А.Г. Исследования влияния красных шламов на качество специальных видов кокса / А.Г. Старовойт, Сорокин Е.Л., Улановский М.Л., Мирошниченко Д.В. // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2005. - № 3. – С. 12-15.
48. Сорокин Е.Л. Изучение химизма спекания каменного угля и минеральной добавки / Е.Л. Сорокин // 2014. - С. 399-404.
49. Старовойт А.Г. Исследование температурных интервалов взаимодействия рудной и угольной составляющей / А.Г. Старовойт, Е.Л. Сорокин, Т.А. Кабак // Углекимический журнал: научно-технический журнал. – Харьков: ООО «С.А.М.», 2012. – № 1-2. – С. 63-67.
50. Сорокин Е.Л. Модификация реакционной способности кокса для недоменных производств / Е.Л. Сорокин, Т.А. Кабак, М.О. Загародня // Углекимический журнал: научно-технический журнал. – Харьков: ООО «С.А.М.», 2013. – № 1-2. – С. 34-37.

Надійшла до редколегії / Received by the editorial board: 01.12.2024

Прийнята до друку / Accepted for publication: 20.12.2024