

ВІДГУК

офіційного опонента про дисертаційну роботу

Сорокіна Євгенія Леонідовича

за темою «**Розвиток наукових основ внутрішньої будови та властивостей вугілля для розширення сировинної бази коксування**»,

що подана на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.17.07 – Хімічна технологія палива та паливно-мастильних матеріалів

Розроблення нових підходів та інноваційних рішень щодо вирішення проблеми нестачі добреспикливого вугілля для виробництва якісного металургійного коксу є необхідною умовою для успішного функціонування коксохімічних підприємств. Зазначена проблема обумовлена також постійним зниженням якості викопного вугілля, що використовується для виробництва відновників для металургійних підприємств. Також треба відзначити, що основна доля викопного вугілля використовується в енергетиці для виробництва електроенергії, але використання не відновлювальних енергетичних ресурсів лише під час спалювання та отримання тепла не є раціональним способом природокористування. Тому під час розв'язання наведеної проблеми автором в дисертаційній роботі запропоновано поглиблене вивчення та розвиток наукових основ і уявлень про молекулярну та надмолекулярну будову вугілля різних марок, що дозволило використовувати у вугільній шихті для коксування слабкоспикливе енергетичне вугілля марки ДГ і отримувати металургійний кокс з необхідним комплексом заданих властивостей.

Вивчення рукопису та автореферату дозволяють дійти висновку, що тема дисертаційної роботи Сорокіна Є. Л. є **актуальною** та присвячена вирішенню **актуальної науково-прикладної проблеми** металургійної галузі економіки України щодо розроблення методів, способів і технологій ефективного використання горючих копалин як хімічної сировини.

На підставі аналізу науково-технічної, патентної літератури та сучасних уявлень стосовно молекулярної і надмолекулярної будови, термохімічної взаємодії компонентів що входять до складу вугілля, також вивчення можливих методів, що дозволяють розширяти сировинну базу коксування, дозволили автору фахового визначити мету, основні наукові завдання, об'єкт і предмет дослідження, а також напрями і методи дослідної роботи.

Поставлені в роботі завдання досліджень доведені до кінцевого логічного вирішення, а сама дисертація є завершеною науково-дослідною роботою та відповідає встановленим на сьогодні вимогам.

Структура дисертації Сорокіна Є. Л. складається зі вступу, семи розділів, загальних висновків, списку використаних джерел (260 найменувань), 6 додатків. Загальний обсяг дисертації становить 287 сторінок друкованого тексту, містить 110 рисунків і 16 таблиць.

Достовірність наукових положень та висновків дисертаційної роботи підтверджується даними апробації, упровадженнями у навчальний процес, актом про проведення дослідно-промислових коксувань, актом про перспективи впровадження результатів теоретичних та експериментальних досліджень, рекомендаціями з використання та впровадження у виробництво.

Наукові положення, практичне значення та висновки дисертації логічно побудовані у контексті мети та поставлених завдань, теоретично обґрунтовані й патентно захищені.

Про **корисність, новизну результатів досліджень та особистий внесок** здобувача свідчать 36 наукових праць у провідних фахових виданнях, з яких 3 входять до науко-метричних баз, 1 патент України, 14 матеріалів науково-технічних конференцій різних рівнів. Опубліковані праці повністю відображують основний зміст дисертаційної роботи.

Оцінка обґрунтованості наукових положень в дисертації, їх достовірності і новизни. Наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані в дисертаційній роботі, теоретично обґрунтовані, а їх достовірність підтверджується результатами експериментальних, промислових і теоретичних досліджень. Усі висновки базуються на масиві матеріалів, одержаних з використанням сучасних стандартизованих і науково обґрунтованих методів досліджень.

Дисертантом проведені дослідження щодо вивчення молекулярної та надмолекулярної будови з використанням надсучасного методу вивчення поверхні сколу густинних фракцій добре- та слабкоспікливого вугілля за допомогою атомно-силової мікроскопії. За допомогою фрактального методу визначено ступінь складності утворень на поверхні сколів вугілля як добре- так і слабкоспікливого вугілля також зазначений метод дозволив встановити ідентичні зміни у густинних фракцій досліджуваного вугілля. Математична обробка результатів досліджень проведена із застосуванням програмних пакетів Origin Pro 8. Використовуючи метод багатокритеріальної оптимізації визначено вплив факторів дослідження одночасно на три параметри оптимізації.

Тема досліджень автора дисертаційної роботи пов'язана з пріоритетними напрямками розвитку науки і техніки України на період до 2020 року згідно з п.3 «енергетика та енергоефективність» і п.4 «раціональне природокористування» статті 3 Закону України від 11.07.2001

№ 2623-III; науково-дослідної роботи за темою «Виробництво інноваційних вуглецевмісних матеріалів з використанням біомаси для зменшення витрат непоновлюваних енергетичних джерел та застосування в енергоємних металургійних технологіях» (номер державної реєстрації 0117U002341, 2017 р.).

Поставлені завдання досягнуто та доведено до логічного завершення, що дозволило автору одержати **шість** наукових результатів, що захищаються й характеризують **новизну** наукових положень. Автором задекларовано й трактуються наукові положення у такий спосіб. У дисертаційній роботі запропоновано нове вирішення наукової проблеми, що полягає у встановленні закономірностей між структурною організацією компонентного складу макромолекул вугілля з його фізико-хімічними властивостями, що дозволить збільшити хімічний потенціал горючих копалин. Отримані результати та рекомендації характеризуються новизною, виконані експерименти – індивідуальною оригінальністю підходу. До найбільш суттєвих наукових результатів дисертації Сорокіна Є. Л. можна віднести такі :

– вперше за допомогою атомно-силової мікроскопії встановлено ідентичні зміни характеру поверхні сколу густинних фракцій вугілля низької і середньої стадії метаморфізму. Виявлено на поверхні сколів густинних фракцій вугілля наявність наноструктурних речовин, згрупованих у блоки сполучень, що містять полісполучені аліфатичні надмолекулярні конгломерати і елементи з подальшою їх трансформацією в полісполучені «дендридоподібні» системи при переході від менш густої до більш густої фракції вугілля;

– вперше за теорією фракталів розраховано фрактальну розмірність ієрархічної структури надмолекулярних утворень, виявлених на поверхні сколів досліджуваних густинних фракцій вугілля. Встановлено, що фракції вугілля з більшою густиною, за рахунок організації та рекомбінації наноструктурних утворень, мають структуру з розвиненою конфігурацією сформованих надмолекулярних сполук, а зміни в густинних фракціях вугілля низької і середньої стадії метаморфізму ідентичні;

– висвітлено подальший розвиток уявлення про зміну властивостей мацералів вугілля в ряді метаморфізму. На підставі розрахунків густини мацералів вугілля різної стадії метаморфізму виявлено, що при збільшенні стадії метаморфізму змінюється макромолекулярна структура мацералів групи інертніту внаслідок розвитку системи сполучених зв'язків і збільшення вмісту ароматичних конденсованих сполук при практично незмінній структурі мацералів групи вітриніту. Встановлено, що в ряді

метаморфізму інтенсивність зміни густини мацералів становить для групи вітриніту до 0,009 од. і групи інертиніту до 0,19 од.;

– розширено наукові уявлення про зміну усереднених «молекулярних» структур вугілля як в ряді метаморфізму, так і при зміні його густини. На підставі отриманих стехіометричних рівнянь усереднених молекул органічної маси вугілля встановлено, що зі збільшенням ступеня метаморфізму вугілля і при зміні його густини знижується вміст атомів кисню і водню при одночасному збільшенні вмісту атомів вуглецю і зростанні їх ролі в побудові молекулярної структури, що супроводжується закономірним зростанням ступеня ароматичності і зниженням відносної розгалуженості бокових ланцюгів;

– уточнено наукові дані про характер зміни показника ароматичності для вугілля різної стадії метаморфізму і його густинних фракцій. Досліджено зміну показника ароматичності для густинних фракцій вугілля різних стадій метаморфізму і встановлено діапазон (від $< 1,25 \text{ г/см}^3$ до $1,27\text{--}1,28 \text{ г/см}^3$), що відповідає розподілу вугілля за марками. Виявлено взаємозв'язок між показником ароматичності густинних фракцій, структурою макромолекул органічної маси і показником зміни інтенсивності ароматичності, а також встановлено його значення для густинних фракцій молодого вугілля $\sim 0,26$ од., а більш зрілого вугілля $\sim 0,1$ од.;

– вперше виявлено закономірності зміни індексу основності густинних фракцій слабкоспікливого вугілля марки ДГ залежно від характеру розподілу мінеральних компонентів у золі. Встановлено, що внаслідок кількісного перерозподілу основних і кислих оксидів максимальні значення індексу основності $\sim 6,31\%$ відповідають густинній фракції $< 1,25 \text{ г/см}^3$ і з підвищенням густини фракції $> 1,3 \text{ г/см}^3$ індекс основності симптоматично знижується до $\sim 4,64\%$.

Практичне значення результатів теоретичних і експериментальних досліджень полягає в такому:

– розроблено технологічні прийоми використання слабкоспікливого вугілля в гірничо-металургійній галузі для розширення сировинної бази, а також ефективної та раціональної переробки горючих копалин;

– за результатами здійсненого на ПрАТ «Дніпровський КХЗ» дослідно-промислового коксування встановлено доцільність використання до 10% фракції слабкоспікливого вугілля з густиною $1,25\text{--}1,3 \text{ г/см}^3$ у шихті для коксування при отриманні металургійного коксу з комплексом заданих показників властивостей;

– здійснена багатокритеріальна оптимізація вугільних шихт, що містять фракцію слабкоспікливого вугілля марки ДГ і врахування її

одночасного впливу на механічні, фізико-хімічні та хімічні властивості твердого вуглецевого залишку як на параметри оптимізації, дозволили розробити склад вугільної шихти для отримання металургійного коксу, що захищений патентом України № 85624;

– розроблено технологічні режими для отримання фракції слабоспівливого вугілля марки ДГ з густиною $1,25-1,3 \text{ г/см}^3$ із застосуванням чотирьохпродуктового каскадного важкосередовищного гідроциклону і отримано рекомендації щодо їх використання під час проектування вуглезбагачувальних фабрик;

– запроваджено результати досліджень структури і властивостей слабоспівливого і добреспівливого вугілля для використання в навчальному процесі на кафедрах:

- металургійного палива і вогнетривів (Національна металургійна академія України) під час викладання спеціальних дисциплін;

- хімічної технології палива (Український державний хіміко-технологічний університет) під час викладання спеціальних дисциплін;

- технології переробки нафти, газу і твердого палива (Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут») під час викладання спеціальних лекційних курсів кафедри.

Загальна характеристика роботи.

У **вступі** описано стан проблеми та її актуальність, сформульовано мету та завдання досліджень, а також наукову новизну та практичне значення одержаних результатів.

У **першому** розділі виконано ґрунтовний аналіз літературних джерел, стосовно сучасного стану проблеми щодо розширення сировинної бази коксування. Проведений аналіз процесів і способів що дозволяють розширяти сировинну базу коксування, наведені сучасні уявлення про будову співливого вугілля, а також загальні положення про характер взаємодії співливого вугілля в результаті термічного піролізу.

У **другому** розділі проведено аналіз предметів і методів дослідження. Наведено методична та експериментальна база досліджень та характеристика досліджуваного вугілля і вугільних шихт.

У **третьому** розділі проведено порівняльний аналіз методів регулювання властивостей кам'яного вугілля. Проведені порівняльні дослідження зміни властивостей вугілля шляхом глибокого збагачення та виділення окремих фракцій, відмінних за густиною.

Четвертий розділ присвячено вивченню молекулярної та надмолекулярної структури окремих фракцій вугілля, відмінних за густиною.

П'ятий розділ присвячений вивченню хімічної будови окремих фракцій спікливого вугілля. Проведено якісний та кількісний аналіз спектрів отриманих за допомогою ІЧ-спектроскопії, а також отримані результати досліджень визначення вмісту гетеро атомів в густинних фракціях спікливого вугілля.

У **шостому** розділі проведено визначення технологічних властивостей густинних фракцій слабкоспікливого вугілля.

Сьомий розділ дисертаційної роботи присвячений розробці технологічних параметрів виробництва коксу з використанням густинних фракцій слабкоспікливого вугілля в шихті для коксування.

У той же час під час вивчення дисертації й автореферату у опонента виникли наступні дискусійні **запитання та невідповідності**:

1. Чому на Вашу думку вугілля як низької, так і середньої стадії метаморфізму має молекулярну масу усередненої молекули органічної маси приблизно одного рівня лише для вугілля з густиною 1,25–1,6 г/см³?

2. Чому на Вашу думку до найбільшої зміни суми спікливих компонентів глибоке збагачення призводить у низькометаморфізованого вугілля?

3. У роботі в цілому дуже гарно показано, що без погіршення якості вуглецевого відновника можна раціонально використовувати фракції низькометаморфізованого вугілля. Тут було б доцільно навести екологічний розрахунок викидів в атмосферу під час спалювання вугілля.

4. Висновок 3 до розділу 4 (стор. 138) вимагає додаткового пояснення. Чому саме через зміну густини характеризується зміна таких показників, як твердість і крихкість.

5. Вимагає додаткового пояснення відмінність динаміки зміни надмолекулярних утворень та їх розподіл для густинних фракцій вугілля середньої стадії метаморфізму і низькометаморфізованим вугіллям (стор. 138, п. 4).

6. Висновок 6 до розділу 7 (стор. 254) вимагає додаткового пояснення. Що саме розуміється у поданому тлумаченні?

7. Під час декларування про економічні ефекти використання низькометаморфізованого вугілля бажано було б подати інформацію у зведеному вигляді з конкретними цифрами.

Однак, виявлені невідповідності не знижують науково-практичної цінності дисертаційної роботи. Наукова новизна, практичне значення результатів та їх апробація аргументовані, кількість публікацій цілком достатня.

ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК

На підставі вивчення дисертаційної роботи й автореферату Сорокіна Є. Л. можна стверджувати, що дисертаційна робота «Розвиток наукових основ внутрішньої будови та властивостей вугілля для розширення сировинної бази коксування» є завершеною кваліфікаційною працею, в якій автором виконано прикладне та наукове дослідження щодо вивчення внутрішньої будови добреспіктивного та слабкоспіктивного вугілля, що дозволило запропонувати технологічний метод розширення сировинної бази коксування. Мета дисертації спрямована на вирішення актуальної науково-технічної проблеми розширення сировинної бази коксування через наукове обґрунтування використання у вугільній шихті для коксування слабкоспіктивного енергетичного вугілля марки ДГ й отримувати металургійний кокс з необхідним комплексом заданих властивостей.

Результати роботи містять наукову новизну та мають практичне значення. Зміст дисертації відповідає паспорту спеціальності 05.17.07 – Хімічна технологія палива і паливно-мастильних матеріалів.

Вирішення завдань дисертаційного дослідження та отримані нові науково-теоретичні й практичні результати у сукупності є важливими для розвитку теорії та практики принципово нового методу розширення сировинної бази коксування створення нових технологій переробки твердого палива. Дисертаційна робота має логічну структуру. Зміст автореферату та дисертації є ідентичним і адекватно відображають основні положення дисертації.

На підставі вищевикладеного вважаю, що дана дисертаційна робота відповідає вимогам ДАК України, зокрема пп. 9, 10, 12, 13 та 14 Порядку присудження наукових ступенів (затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 зі змінами згідно Постанов Кабінету Міністрів України від 19.08.2015 № 656, від 30.12.2015 № 1159, від 27.07.2016 р. № 567 і від 20.11.2019 р. № 943), а сам автор, **Сорокін Євген Леонідович**, заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.17.07 – Хімічна технологія палива і паливно-мастильних матеріалів.

Декан факультету екологічної безпеки,
інженерії та технологій,
науковий керівник Українського науково-дослідного
та навчального центру хімотології
та сертифікації ПММ і ТР
Національного авіаційного університету,
доктор технічних наук, професор



С. В. Бойченко