

## ВІДГУК

офіційного опонента кандидата технічних наук, старшого наукового співробітника, завідувача відділу проблем геотехнології горючих копалин Інституту геології і геохімії горючих копалин НАН України  
Брика Дмитра Васильовича на дисертаційну роботу Швед Марії Євгенівни "Одержання та застосування продуктів оксидаційного очищення кам'яного та бурого вугілля", представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.17.07 – хімічна технологія палива і паливно-мастильних матеріалів

### **Актуальність теми дисертації**

Відомо, що розвідані світові запаси вугілля в декілька разів перевищують запаси нафти та газу. Україна диспонує 3,8 % світового запасу доведених покладів вугілля (33,9 млрд. тонн). Цієї кількості запасів достатньо, щоб підтримувати рівень видобутку вугілля в країні протягом 500 років. Однак, через високий вміст сірки у вугіллі його використання ускладнюється як у енергетичній (на ТЕС), так і у коксівній галузях (виробництво коксу та сировини для одержання пиловугільного палива (ПВП)). Сірчисті сполуки негативно впливають на процеси термічної переробки твердих паливних копалин. У зв'язку з цим, підприємства української промисловості для виробництва конкурентоспроможної продукції використовують імпортоване малосірчисте вугілля.

Дана дисертаційна праця стосується проблеми оксидаційного очищення високосірчистого вітчизняного вугілля різних ступенів метаморфізму.

Таким чином, актуальність досліджень не підлягає сумніву, оскільки вони дадуть змогу залучати у виробництво високосірчисте українське вугілля та можуть становити основу для проектування та впровадження відповідних технологічних процесів.

В роботі чітко сформульовані **мета та задачі** дослідження. Ретельне ознайомлення з дисертацією дозволяє стверджувати, що вони виконані.

**Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.**

Наукові положення, що висунуті у дисертації, обґрунтовано, перевірено та підтверджено результатами теоретичних та експериментальних досліджень.

**Наукова новизна** дисертації Швед М.Є. полягає в тому, що:

- вперше встановлено, що процес оксидаційного очищення вугілля низького ступеня вуглефікації з метою одержання сировини для виробництва пиловугільного палива необхідно здійснювати за умов, при яких реакції перетворення сірки відбуваються у дифузійній області, а саме за лінійної



швидкості руху оксиданту в межах 0,030-0,042 м/с, порозності киплячого шару – 0,68-0,73 та коефіцієнту масообміну –  $1,63-2,13 \cdot 10^{-3}$  м/с. з використанням фракції вугілля розміром зерна 0,1-0,25 мм.

- вперше встановлено межі значень чинників процесу оксидаційного очищення високосірчистого низькометаморфізованого кам'яного вугілля, які забезпечується мінімальне перетворення органічної частини вугілля та максимальне перетворення піритної сірки в її діоксид, які нададуть змогу отримувати сировину для виробництва пиловугільного палива;
- розширено уявлення про процес оксидаційного знесірчення бурого вугілля та встановлено оптимальні умови проведення даного процесу з метою одержання компоненту котельного палива та/чи пластифікатора бітумів і знесірченого твердого палива із максимально можливим ступенем перетворення сірки.

**Практична цінність** даної роботи очевидна, оскільки результати теоретичних та експериментальних досліджень можуть слугувати основами технології оксидаційного знесірчення кам'яного вугілля низького ступеня вуглефікації з метою одержання сировини для виробництва пиловугільного палива та технології одержання смоли розкладу органічної частини у ході процесу оксидаційного знесірчення бурого вугілля, яка може застосовуватися як якісне котельне паливо з вмістом сірки до 1,5 % мас. або як пластифікатор бітумів, модифікованих полімерами. Таким чином використання оксидаційних технологій для знесірчення низькометаморфізованого високосірчистого вугілля дозволить збільшити сировинну базу металургійної промисловості, внаслідок зменшення кількості високосірчистого вугілля низького ступеня вуглефікації.

Варто зауважити, що процес оксидаційного очищення бурого вугілля досліджується не вперше. Однак дослідженнями, які були здійсненні здобувачем, встановлено раціональний підхід до даного процесу, а саме за рахунок одержання побічних продуктів оксидаційного очищення вугілля (пластифікатор бітумів або котельне паливо), які значно перевищують вартість знесірченого вугілля, можна доволі суттєво покращити економічні показники цього процесу.

Експериментальні результати та їх інтерпретація використовуються в навчальному процесі на кафедрі хімічної технології переробки нафти та газу Національного університету «Львівська політехніка» для студентів спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія».

#### **Достовірність результатів і висновків дисертації.**

Сформульовані в дисертації висновки і узагальнення базуються на великому обсязі експериментального матеріалу і підтверджуються невеликими значеннями розбіжностей між результатами паралельних експериментальних досліджень.

Основні положення та результати роботи достатньо повно викладені у 7 наукових публікаціях, в тому числі у 6 статтях (із них 6 – у фахових виданнях, 3 – у виданнях, що включені до міжнародних наукометричних баз даних); є 1



патент України на корисну модель. Матеріали дисертації були представлені, обговорювались та опубліковані у матеріалах 9-ти міжнародних і вітчизняних наукових конференцій.

Дисертаційна робота за структурою, мовою та стилем викладення відповідає вимогам МОН України. Усі частини дисертаційної роботи є взаємопов'язані та взаємоузгоджені, а її структура є логічною.

Дисертаційна робота складається зі вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел літератури та 4 додатків.

Основні положення дисертації ідентичні змісту автореферату.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, чітко сформульовано мету і завдання досліджень, висвітлено наукову новизну та практичне значення одержаних результатів.

В огляді літератури (розділ 1) дисертант використовує як давно відомі джерела, так і літературу за останні 5-10 років, що забезпечує достовірність наведених даних стосовно запасів, видобування та споживання первинних енергетичних ресурсів, зокрема вугілля, як у світі, так і в Україні. Також у даному розділі охарактеризовано структуру та особливості вугілля. Проаналізовано кількість запасів високосірчистого вугілля та встановлено причини неможливості використання даного вугілля в промисловості. Наведено критичний огляд методів, які дозволяють частково усунути чи попередити наслідки, що виникають під час використання у промисловості вугілля з високим вмістом сірки. Аргументовано показано, що метод оксидаційного знесірчення найбільш економічно та технологічно вигідний та коротко охарактеризовано роботи, присвячені оксидаційному очищенню вугілля різних марок. На основі аналізу даних робіт запропоновано перспективні напрямки досліджень низькометаморфізованого кам'яного та бурого вугілля. Також два пункти першого розділу присвячені розгляду можливостей застосування продуктів оксидаційного очищення вище перелічених марок вугілля. Структура даного розділу побудована взаємопов'язано, логічним завершенням якого є формування завдань досліджень на основі аналізу патентної і періодичної літератури.

Другий розділ містить характеристику речовин та реагентів, методики експериментів, аналізів і обробки експериментальних результатів.

Основна частина роботи викладена в розділі 3, де наведено результати дослідження на лабораторній установці впливу різних факторів на хід процесу оксидаційного знесірчення високосірчистого низькометаморфізованого кам'яного вугілля з метою одержання сировини для виробництва пиловугільного палива.

У роботі здійснено низку експериментальних досліджень з вивчення впливу гідродинамічних показників (розмір зерна та лінійна швидкість руху оксиданту) та основних чинників (температура, склад та витрата оксиданту, тривалість процесу) на основні показники процесу оксидаційного очищення (ступінь перетворення загальної сірки, ступінь вилучення піритної сірки, ступінь



збільшення зольності, ступінь зміни виходу летких речовин) високосірчистого вугілля низького ступеня вуглефікації. На основі даних експериментальних досліджень розроблено адекватну експериментально-статистичну модель (ЕСМ) за допомогою якої встановлено оптимальні умови проведення процесу оксидаційного знесірчення кам'яного вугілля низького ступеня метаморфізму з метою одержання сировини для виробництва пиловугільного палива: температура – 430 °С, тривалість – 15 хв, КВО – 5,10 м<sup>3</sup>/(год·кг), вміст водяної пари в оксиданті – 47 % об. Позитивним результатом експериментальних досліджень, описаних у даному розділі, є те, що проведення процесу в оптимальних умовах дозволяє одержати малосірчисте низькометаморфізоване кам'яне вугілля, яке повністю відповідає вимогам до сировини для виробництва пиловугільного палива відповідно до ТУ У 10.1-30962337-006:2009 для марок №3, 4.

Четвертий розділ присвячений встановленню раціонального підходу до процесу оксидаційного очищення бурого вугілля. Оскільки, огляд патентної і періодичної літератури вказує, що смола розкладу, яка отримується в ході даного процесу, може у декілька разів перевищувати вартість самого знесірченого вугілля. Тому у даному розділі проведено ряд досліджень з встановлення закономірностей проходження процесу оксидаційного знесірчення бурого вугілля з метою одержання максимальної кількості смоли розкладу та задовільного ступеня вилучення сірки. Водночас автор прагнула досягнути якомога меншої густини і в'язкості смоли, оскільки планувалося її застосовувати у якості котельних палив.

Також у четвертому розділі описано дослідження, присвячені встановленню раціональних шляхів застосування смоли розкладу органічної маси бурого вугілля, отриманої в оптимальних умовах.

П'ятий розділ дисертаційної роботи має технологічне й економічне спрямування, оскільки в ньому розроблено технологічні аспекти оксидаційного очищення високосірчистого кам'яного та бурого вугілля та розраховано і підтверджено позитивний економічний ефект від промислової реалізації даного процесу.

Усе наведене вище свідчить про те, що подана до захисту дисертація є підсумком цілеспрямованого дослідження з проблем знесірчення низькометаморфізованого кам'яного та бурого вугілля.

#### **Рекомендації щодо використання результатів дисертації.**

Результати дисертаційної роботи Швед М.Є. можуть бути використані на ТЕС і металургійних заводах для створення технології знесірчення вугілля та в навчальному процесі при читанні студентам лекцій з сучасних технологій переробки твердих горючих копалин.

Водночас, після детального аналізу дисертаційної роботи виникли певні зауваження та запитання:



- 1) звертає увагу періодичне використання застарілої або невідповідної термінології, наприклад, на сторінці 33 двічі використаний термін "хімічна зрілість вугілля", після якого зазначається, що це є ступінь метаморфізму. Мабуть, варто обмежитись лише загальноживаним терміном "ступінь метаморфізму";
- 2) на сторінці 35 наводиться інформація, що органічна сірка у вугіллі низького ступеня метаморфізму представлена переважно сульфідною та тіоловою формою. Ця інформація не відповідає дійсності, насправді, згідно з численними дослідженнями методами ІЧ-Фур'є-спектрометрії, в усіх марках вугілля переважну частку органічної сірки становить циклічна сірка (від 60 до 97%), а сірка в аліфатичних структурах – максимально 28%, у середньому – біля 10%;
- 3) на сторінці 47, рис. 1.6. – до рисунку немає жодних пояснень у тексті та розшифрування скорочень;
- 4) на сторінці 56 наведений перелік зразків вугілля, відібраних для проведення робіт. Серед них чомусь відсутнє вугілля Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну або буре вугілля Закарпаття, яке також характеризується досить високим вмістом сірки на окремих прошарках. Вартувало б провести дослідження для матеріалу з нашого регіону;
- 5) на сторінках 62 та 153 згадується використання смол у якості котельного палива. Проте, у самому тексті цьому питанню присвячено лише півтори сторінки, де проведено порівняння фізико-хімічних характеристик смол оксидативного знесірчування із ДСТУ по котельних паливах. Вважаю, що для повноти розкриття питання вартує визначити також режими спалювання смол, їхній елементний склад, а також спалювання окремих фракцій;
- 6) при проведенні знесірчування у якості реагенту використовується водяна пара, якою обробляють вуглецевмісний матеріал при високих температурах. В результатах хроматографічного аналізу газоподібних продуктів відсутній водень, який може виділятися у процесі газифікації, хоча і в незначних кількостях, враховуючи температурні обмеження;
- 7) вважаю, що вартує, мабуть у подальшій роботі, провести фракціонування смол із дослідженням окремих фракцій на вміст індивідуальних хімічних речовин, бажано методом мас-спектрометрії, та визначитись, чи не можна вилучити зі смол знесірчування цінні хімічні речовини;
- 8) розрахована економічна доцільність процесу оксидативного знесірчення низькометаморфізованого кам'яного та бурого вугілля виглядає надто загальною, оскільки не враховані всі статті витрат та доходів при реалізації даної технології;
- 9) варто дослідити застосування газів знесірчення низькометаморфізованого кам'яного та бурого вугілля.

Вказані зауваження та пропозиції не є принциповими і не знижують достатньо високого рівня проведених наукових досліджень та технічного оформлення дисертаційної роботи.

**Висновок про відповідність дисертації вимогам Департаменту атестації кадрів та ліцензування МОН України.**

Дисертаційна робота Швед М.Є. повною мірою відповідає паспорту спеціальності 05.17.07 – хімічна технологія палива і паливно-мастильних матеріалів.

В цілому, оцінюючи дисертацію Швед М.Є., встановлено, що вона є завершеною науковою працею. Розроблені автором положення науково обґрунтовані. Зроблені зауваження та пропозиції не впливають на загальну позитивну оцінку роботи. Публікації і автореферат повністю відображають зміст дисертаційної роботи.

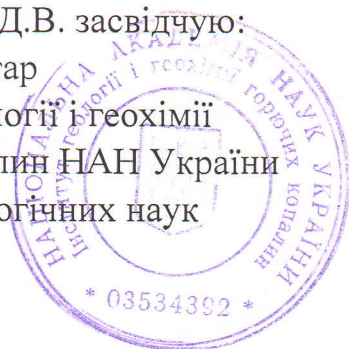
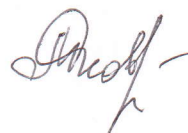
Враховуючи актуальність, наукову новизну, практичне значення одержаних результатів та беручи до уваги належний методологічний рівень виконання наукової роботи, вважаю, що дисертаційна робота Швед Марії Євгенівни "Одержання та застосування продуктів оксидаційного очищення кам'яного та бурого вугілля" повністю відповідає вимогам до кандидатських дисертацій, що викладені в пунктах 9, 11, 12 "Порядку присудження наукових ступенів" (постанова КМ України № 567 від 24 липня 2013 р.) а її автор, Швед Марія Євгенівна, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.17.07 – хімічна технологія палива і паливно-мастильних матеріалів.

К.т.н., с.н.с., завідувач відділу проблем  
геотехнології горючих копалин  
Інституту геології і геохімії  
горючих копалин НАН України



Брик Д.В.

Підпис Брика Д.В. засвідчую:  
Вчений секретар  
Інституту геології і геохімії  
горючих копалин НАН України  
кандидат геологічних наук

Яковенко М.Б.

м.Львів