

## **ВІДГУК**

офіційного опонента на дисертаційну роботу  
Бондарєвої Антоніни Ігорівни  
на тему «Пористі керамічні матеріали на основі глин України»,  
представлену на здобуття ступеня доктора філософії  
в галузі знань 16 Хімічна та біоінженерія  
за спеціальністю 161 Хімічні технології та інженерія

### **Актуальність теми дисертації.**

Дисертаційна робота присвячена одержанню порошкоподібних та гранульованих ферумвмісних силікатних сорбентів на основі каолініту, монтморилоніту та сапоніту для захисту водних об'єктів від забруднення арсеном (V) та хромом (VI). Актуальність роботи зумовлена, як необхідністю вивчення закономірностей структуроутворення в матеріалах з унікальними властивостями для захисту навколишнього середовища, так і економічними аспектами, що виникають при розробці технологій очищення великих за об'ємом забруднених систем. Застосування природних силікатів при виготовленні сорбентів є перспективним з точки зору їх низької вартості, доступності (наприклад, на території України представлено 41 родовище каолінових глин), механічної міцності та хімічної стійкості. Також варто зазначити, що значна частина досліджень, спрямованих на синтез такого роду сорбентів, розглядає їх сорбційну здатність лише стосовно забруднювачів, що перебувають в катіонній формі. Тому розробка ефективних композитних матеріалів на основі дешевої сировини для очищення вод від аніонів, є актуальною.

### **Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.**

Наукові результати дисертації достатньою мірою обґрунтовані і відповідають сформульованій меті та завданням дослідження.

Достовірність представлених на обговорення наукових положень забезпечено використанням сучасних фізико-хімічних методів досліджень, застосуванням новітнього обладнання та шляхом математичної обробки отриманих результатів.



Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

Вперше досліджено особливості структуроутворення і визначено можливості регулювання параметрами поруватої структури шаруватих силікатів, зокрема шляхом поєднання традиційних методів з використанням додаткового ультразвукового випромінювання. Синтезовано керамічні матеріали, які характеризуються покращеними структурно-механічними властивостями. Розглянуто можливі шляхи покращення їх сорбційних властивостей шляхом поверхневого модифікування ферумвмісними сполуками.

Вивчено основні фізико-хімічні параметри видалення сполук арсену (V) та хрому (VI) одержаними сорбційними матеріалами та встановлено, що найвищу сорбційну здатність до даних аніонів мають зразки модифіковані оксигідрооксидами заліза.

Показано, що утилізація відпрацьованих сорбентів за керамічною технологією приводить до міцного зв'язування неорганічних забруднювачів і унеможливує їх вилюговування у навколишнє середовище.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

**Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.**

За своїм змістом дисертаційна робота здобувачки Бондарєвої А.І. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми «Хімічні технології та інженерія».

Дисертаційна робота є завершеним у рамках поставленого наукового завдання дослідженням, сукупність результатів якого свідчить про наявність особистого внеску здобувача у розвиток наукового напрямку створення нових матеріалів.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Бондарєвої Антоніни Ігорівни є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.



## Мова та стиль викладення результатів.

Дисертаційна робота написана українською мовою з використанням загальноприйнятої для галузі знань термінології. Результати дослідження викладено послідовно і доступно, що забезпечує доступність для їх сприйняття.

Дисертація складається з вступу, 5 розділів, висновків, списку літератури та 1 додатку. Загальний обсяг дисертації 160 сторінок.

У вступній частині міститься загальна інформація про визначення та обґрунтування теми дисертаційної роботи. Автором сформульовано мету, об'єкт і предмет досліджень та наукову новизну. Зазначено зв'язок роботи з науковими темами та практичне значення отриманих результатів, визначено особистий внесок здобувачки.

У першому розділі проведено літературний огляд, де розглянуто особливості структуроутворення в пористих керамічних матеріалах на основі шаруватих силікатів, хімію поверхні глинистих мінералів та можливі варіанти їх поверхневої функціоналізації. Показано, що композитні матеріали на основі алюмосилікатної матриці можуть бути використані для захисту водного середовища від забруднення токсикантами, що перебувають в аніонній формі.

Другий розділ присвячений огляду об'єктів та методів дослідження, наведено характеристику водних систем, що використовувались в роботі, детально описано методики отримання матеріалів та проведення інструментальних досліджень.

У третьому розділі описано структурно-механічні характеристики порошкоподібних та гранульованих матеріалів на основі каолініту. Показано, що досліджувані матеріали можуть бути успішно модифіковані ферумвмісними сполуками та використанні в якості сорбентів для видалення сполук As (V) та Cr (VI) з водних розчинів.

У четвертому розділі дисертаційної роботи розглядаються матеріали на основі шаруватих силікатів монтморилоніту та сапоніту, їх структурно-сорбційні та фізико-хімічні характеристики. Детально висвітлено залежність зміни пористої структури монтморилоніту від умов проведення темплатного синтезу. Проведено очищення модельних розчинів від іонів As (V) та Cr (VI) отриманими сорбційними матеріалами в різних умовах. Здійснено порівняння сорбційної здатності хімічного модифікованих (з використанням кремнійорганічної сполуки) зразків пористого носія на основі монтморилоніту та кислотно активованого каолініту щодо до іонів Cr (VI).

У п'ятому розділі запропоновано принципову технологічну схему одержання композиту на основі природної сировини (сапонітової глини) та



оксигідроксидів заліза/кобальту. Показано, що за потреби силікатна сировина може змінювати без внесення змін в технологію. Запропоновано технологію утилізації відпрацьованого ферумвмісного сорбенту шляхом його додавання до керамічної шихти при виготовленні будівельної кераміки. Представлено результати дослідження міцності зв'язування адсорбованого хрому (VI) з керамічною матрицею після випалу при температурі 1050 °C.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

### **Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.**

Наукові результати дисертації висвітлені у 21 науковій публікації здобувачки, серед яких: 3 статті у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; 3 статті у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus, з яких 3 статті у виданнях, віднесених до третього квартилю (Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports.

Також результати дисертації були апробовані на 13 наукових фахових конференціях, в тому числі за кордоном з очною участю, та опубліковані у 2 статтях, що мають апробаційний характер.

Науковий рівень публікацій здобувачки знаходиться на високому рівні та містять значний особистий внесок, зокрема самостійне написання статей, тез доповідей, підготовка постерних презентацій. У наукових публікаціях принципи академічної доброчесності не порушені.

Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

### **Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.**

1. Не зовсім вдало сформульовано завдання дослідження (с. 20), наприклад, замість «встановлення фізико-хімічних особливостей видалення...» доречно було б використати наступне формулювання: «...фізико-хімічних характеристик...» або «... фізико-хімічних параметрів...».

2. Бажано було б розширити літературний огляд (розділ 1) інформацією щодо особливостей нульвалентного заліза, характеристикою сорбційної поведінки обраних модифікаторів, їх основних недоліків та адсорбційних технологій вилучення аніонних форм хрому та арсену.



3. Висновки до розділу 1 є дуже узагальненими. Наприклад, висновок, що «хімічне модифікування поверхні силікатів значно підвищує їх адсорбційну здатність щодо аніонних форм забруднювачів із водних систем» виглядає як очевидний факт.

4. Автором не пояснюється яким чином відбувається взаємодія модифікатора на поверхні неорганічної матриці. Також в роботі зустрічаються наступні формулювання «нанесення шару...» (с. 50) та «модифікування поверхні...» (с. 75), що, ймовірно, використовуються для опису одного й того ж процесу.

5. В підрозділі 3.3 (с. 81) вираз «дослідження кінетичної взаємодії...» доречно було б замінити на «дослідження кінетики взаємодії...».

6. На рис.3.21 зображення скануючої електронної мікроскопії мають різні параметри збільшення, тому важко здійснити порівняння структури.

7. Вимагає більш детального пояснення відсутність залежності сорбції іонів As (V) від pH розчину композитами модифікованими нульвалентним залізом (с. 76). Чому така залежність не спостерігається для іонів Cr (VI)?

8. Варто було б дослідити зміну сорбційної поведінки досліджуваних зразків щодо сполук арсену (V) та хрому (VI) в присутності інших аніонів (нітратів, фосфатів), гумінових кислот тощо.

Ряд зауважень стосується оформлення роботи, саме:

9. До рис. 4.2 та 4.3 відсутні розшифрування кривих. Ця інформація наведена в тексті роботи (с. 97-98) та в табл. 4.1, але для кращого сприйняття інформації доцільно було б дублювати її безпосередньо під рисунками.

10. На рис. 4.7 є позначення 3, а в підписах до рисунку відсутнє, але продубльовано позначення 2.

11. На рис. 4.18, ймовірно, переплутана нумерація кривих.

12. На рис. 5.2, де зображені зразки керамічного матеріалу після випалу з різним вмістом відпрацьованого сорбенту, зразки позначені (0-3), але теж відсутнє їх розшифрування. Дана інформація наведена в тексті роботи на с.128 при описі співвідношення компонентів шихти та в табл. 5.1, яка розміщена на с.130, що становить певні труднощі при ознайомленні з роботою.

13. В роботі присутні незначні описки, наприклад, на с.115 замість 5 мг/дм<sup>3</sup> написано 5 м/дм<sup>3</sup>.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.



### Висновок про дисертаційну роботу.

Вважаю, що дисертаційна робота здобувачки ступеня доктора філософії Бондаревої Антоніни Ігорівни на тему «Пористі керамічні матеріали на основі глин України» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань 16 «Хімічна та біоінженерія». Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.6 – 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувачка Бондарева Антоніна Ігорівна заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 16 «Хімічна та біоінженерія» за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія».

### Офіційний опонент:

Старший науковий співробітник  
лабораторії мембранних і  
сорбційних матеріалів та процесів  
Інституту загальної та неорганічної хімії  
ім. В.І. Вернадського НАН України  
кандидат хімічних наук

Людмила РОЖДЕСТВЕНСЬКА



15 грудня 2023

Підпис Рождественської Л.М засвідчую  
Вчений секретар Інституту загальної та неорганічної хімії  
ім. В.І. Вернадського НАН України Лисюк Л.С.