

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу

Куриленка Віктора Сергійовича

на тему «Отримання адсорбційно-(фото)каталітичних та мембранних

матеріалів на основі алюмосилікатів»,

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 створенню функціональних адсорбційних, (фото)каталітичних та мембранних матеріалів на основі природних алюмосилікатів українського походження, що є актуальним завданням сучасної хімічної технології. У контексті зростаючих екологічних викликів, пов'язаних із забрудненням водного середовища та необхідністю утилізації полімерних відходів, розробка ефективних сорбентів, фотокаталізаторів і каталізаторів на базі доступної природної сировини є актуальним та перспективним напрямом досліджень. Додаткову значущість теми зумовлює дослідження технологій 3D-друку для формування керамічних матриць, що відкриває нові перспективи у створенні мембранних матеріалів складної геометрії на основі природних алюмосилікатів.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

Показано, що кислотна активація цеоліту Сокирнецького родовища та бентоніту Черкаського родовища приводить до збільшення питомої площі поверхні, її протонування, що суттєво підвищує їх адсорбційну та каталітичну

дії. Доведено, що синтез фотокаталітичних систем на основі природних алюмосилікатів та TiO_2 є перспективним способом отримання вітчизняних низьковартісних фотокаталізаторів. Одержані зразки проявляють вищу фотокаталітичну ефективність у порівнянні з чистою фазою титан(IV) оксиду. Встановлено, що поєднання кислотного активування та модифікування природного цеоліту оксидами кобальту та нікелю дозволяє одержати високоактивні каталізатори переробки полістиролу методом крекінгу. Вперше показано можливість використання природного каоліну для одержання суспензій, що здатні до фотополімеризації і до 3D друку методом DLP. Встановлено, що для приготування суспензії на основі фотополімерної смоли High Speed Resin v2 необхідна попередня термообробка природного каоліну за $500\text{ }^\circ\text{C}$.

Практична значущість результатів дослідження полягає у можливості застосування одержаних функціональних матеріалів у процесах очищення води від іонів фтору, фотокаталітичного руйнування молекул органічних забруднювачів та переробки полімерних відходів. Каталізатор Zeo-0+CoO/Zeo-1 було випробувано в умовах двостадійної схеми крекінгу полістиролу на базі ТОВ «НВГ «СІНЕКОТЕХ».

Наукові дослідження були виконані здобувачем на кафедрі технологій неорганічних речовин, водоочищення та загальної хімічної технології КПІ ім. Ігоря Сікорського в рамках роботи «Новітні селективні індикаторні системи для оцінки стану морського довкілля України» (Державний реєстраційний номер 0124U001100, дата реєстрації 28.01.2024) та проєкту «Наукові основи синтезу новітніх керамічних мембран із застосуванням технологій 3D друку» (реєстраційний номер проєкту 2023.03/0178 в рамках конкурсу 2023.03 «Передова наука України») під керівництвом професора, д.т.н. Донцової Тетяни Анатоліївни, доцента, к.т.н., Янушевської Олени Іванівни.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання з отримання функціональних матеріалів на основі природних алюмосилікатів для адсорбційного, каталітичного, фотокаталітичного та мембранного застосування

виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

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

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Куриленка В.С. 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 завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям розробки функціональних матеріалів на основі алюмосилікатів.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Куриленка Віктора Сергійовича 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.

Представлений матеріал вирізняється логічною послідовністю, чіткістю та доступністю викладу. Стиль мовлення дисертації науково обґрунтований, із застосуванням сучасної термінології, що відповідає усталеним стандартам у галузі хімічних технологій та інженерії. Дисертант демонструє глибоке розуміння тематики дослідження і подає результати зрозуміло та ясно.

Дисертація складається зі вступу, 5 розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації 208 сторінок.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дослідження, сформульовано мету, завдання, об'єкт і предмет роботи. Визначено наукову новизну й практичне значення отриманих результатів, а також надано відомості про

апробацію, публікації за темою дисертації й впровадження результатів у виробничий й навчальний процеси.

У першому розділі дисертації представлено критичний огляд літератури, присвяченої використанню природних і модифікованих алюмосилікатів для вилучення фтору з водних розчинів, а також створенню фотокаталізаторів та каталізаторів на їхній основі. Особливу увагу зосереджено на основних підходах до активування та модифікації цеоліту і бентоніту. Оцінено перспективи їх застосування як неорганічних матриць для іммобілізації допантів (TiO_2 , CoO , NiO). Окремо розглянуто проблеми піролізу полістиролу із використанням каталітично активних носіїв. Вивчено сучасні досягнення у сфері формування пористих керамічних структур для мембранних застосувань методом 3D-друку.

Другий розділ містить детальний опис способів одержання кислотно активованих природних алюмосилікатів та їх модифікованих оксидами металів форм. Представлені інструментальні методи характеристики зразків, які були використанні в роботі, а саме: рентгенофазовий аналіз (XRD), інфрачервона спектроскопія (FTIR), сканувальна електронна мікроскопія (SEM), метод низькотемпературної адсорбції-десорбції азоту, віскозиметрія. Окремо подано методику приготування фотополімерних суспензій на основі природного каоліну, включно із оцінкою їх реологічних властивостей для застосування в DLP 3D-друку.

У третьому розділі представлено результати досліджень фазових, структурно-сорбційних та фізико-хімічних властивостей природних і модифікованих алюмосилікатів.

Встановлено, що кислотна обробка природних алюмосилікатів (цеоліту та бентоніту) призводить до зменшення вмісту домішок та сприяє зростанню питомої площі поверхні зразків унаслідок утворення мікро- та мезопористої структури. Одержані фазові зміни підтверджено методами РФА, ДТА/ТГА та низькотемпературної адсорбції/десорбції азоту. Визначено, що кислотна активація алюмосилікатів також змінює кислотно-основні характеристики, зокрема зумовлює протонування поверхні та підвищення кількості кислотних

центрів, що узгоджується з результатами розрахунків функції кислотності H_0 . За результатами адсорбційних досліджень встановлено, що процес вилучення іонів фтору краще описується моделлю Вагелара–Ленгмюра, а найбільший ступінь вилучення іонів фтору досягається в кислому середовищі.

Проаналізовано фотокаталітичну активність зразків, модифікованих діоксидом титану. Показано, що введення 10% TiO_2 у склад алюмосилікатної матриці забезпечує ефективне видалення органічних забруднювачів. Зокрема, встановлено, що зразок TiO_2 /Zeo-1 демонструє найвищу активність: ступінь фотокаталітичного видалення конго червоного після 30 хв опромінення становить 74 %, тоді як повне знебарвлення метиленового синього досягається переважно за рахунок адсорбції.

Досліджено каталітичну активність зразків, модифікованих оксидами Co та Ni, у процесі піролізу полістиролу. Встановлено, що застосування каталізаторів CoO /Zeo-1 та NiO /Zeo-1 у режимі одностадійного піролізу забезпечує вихід рідкої фракції понад 62 % та селективність за стиролом понад 60 %. Найвищу селективність до стиролу (81,9 %) досягнуто при використанні двостадійної схеми за участі Zeo-0 та CoO /Zeo-1, що підтверджує доцільність їхнього застосування в отриманні стиролу з полімерних відходів.

Доведено придатність природних алюмосилікатів до формування керамічних матриць методом сухого пресування та 3D-друку методом DLP. Одержані зразки мали загальну пористість у межах 27,9–43,6 %. Застосування фотополімерних суспензій на основі термообробленого при 500 °C каоліну дозволило сформувати «зелені тіла» із заданою геометрією та прийнятною механічною стабільністю. Зразки після випалу можуть бути використані як носії для функціональних фаз у мембранних або фотокаталітичних процесах.

У четвертому розділі розроблено і описано технологічну схему отримання функціональних матеріалів на основі природного цеоліту. Розраховано матеріальний баланс, що дозволяє оцінити витрати сировини на всіх етапах одержання функціональних матеріалів.

П'ятий розділ містить техніко-економічні розрахунки гіпотетичного підприємства із виробництва фотокаталізатора на основі TiO_2 /Zeo-1.

Представлено розрахунок середньорічної продуктивності, обсягів споживання сировини та витрат і оцінено економічну ефективність процесу.

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 10 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 6 статей у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України. Також результати дисертації були апробовані на 4 наукових фахових конференціях. Публікації дисертанта відзначаються високим науковим рівнем. Оприлюднені результати повною мірою відображають зміст дисертації, відповідають її меті та завданням, а також підтверджують особистий внесок здобувача в одержання нових наукових і практично значущих результатів.

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

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. На рис. 3.1 представлено рентгенограми природного та активованого цеоліту. В описі отриманих експериментальних даних сказано, що для вихідного зразка основною ідентифікованою фазою є кліноптилоліт із кількісним вмістом 73,7 %, а другорядні складові включають кварц і сліди кристобаліту. Після кислотної активації фаза кліноптилоліту зменшується до 69,6 %, а вміст кварцу збільшується до 30,4 % порівняно з 23,2 % для природного зразка. Яким чином ви це визначили?

2. Чим обумовлений вибір концентрацій фторид-іонів при дослідженні адсорбційної активності природних та кисло-активованих зразків цеоліту та бентоніту в діапазоні від 3 мг/дм³ до 15 мг/дм³? Якщо вивчати ефективність видалення забруднювача при більших концентраціях, то адсорбційна здатність кисло-активованих зразків збільшиться чи зменшиться?

3. В табл. 3.7 представлені структурні характеристики композитів на основі TiO_2 та природних і кислотно-активованих зразків цеоліту та бентоніту. Площа поверхні вихідного цеоліту та модифікованого титан(IV) оксидом однакова і становить $34,5 \text{ м}^2/\text{г}$. При цьому середній радіус пор збільшився від $6,5 \text{ нм}$ до $8,8 \text{ нм}$. Ви це пояснюєте, тим, що TiO_2 не сприяв значному зростанню TiO_2 у композиційному фотокаталізаторі. Яку роль відіграє TiO_2 в композиті з алюмосилікатами?

4. При синтезі фотокаталізаторів була застосована ультразвукова обробка, а потім було досліджено її вплив на ефективність видалення барвників із вод. При яких умовах вона здійснювалась? Як це вплинуло на дисперсність отриманих порошків?

5. На рис. 3.38 представлено рентгенограми зразків каоліну. Інтерпретація результатів наступна: «У структурі вихідного каоліну ідентифіковано дифракційні піки, характерні для добре кристалізованого каолініту», але які саме піки не вказано.

6. Для керамічних матриць, отриманих методом пресування, було визначено їх пористість згідно ДСТУ ISO 5017:2014. Розкажіть в чому суть методу. Як саме ви проводили дане дослідження?

7. Для покращення механічної цілісності та запобігання розшаруванню керамічних матриць на основі каоліну додатково в композицію було введено буру та карбонат калію, але в роботі не представлені результати визначення механічної міцності зразків. На чому оснований вибір саме цих компонентів шихти для виготовлення керамічних носіїв?

8. У тексті дисертації зустрічається незначна кількість описок.

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 здобувача ступеня доктора філософії Куриленка Віктора Сергійовича на тему «Отримання адсорбційно-

(фото)каталітичних та мембранних матеріалів на основі алюмосилікатів» 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 *хімічної та біоінженерної галузі*. 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.

Здобувач Куриленко Віктор Сергійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 16 Хімічна та біоінженерія за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія».

Рецензент:

завідувач кафедри хімічної
технології кераміки та скла
Національного технічного
університету України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»

к.т.н., доц.



«04» липень 2025 року

