

## РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу Кутузової Анастасії Сергіївни  
на тему «Фотокаталітична активність нанокompозитів на основі  $\text{TiO}_2$  до  
антибіотиків у водних об'єктах», представлену на здобуття ступеня доктора  
філософії в галузі знань 16 «Хімічна та біоінженерія»  
за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія»

**Актуальність теми дисертації.** Актуальність теми дослідження полягає у одержанні нанокompозитів на основі титану (IV) оксиду, допованого оксидами рідкісноземельних металів ( $\text{Sm}^{3+}$ ,  $\text{Er}^{3+}$ ,  $\text{Pr}^{3+}$ ,  $\text{Nd}^{3+}$ ) та/або стануму (IV) оксидом, дослідженню їх фізико-хімічних властивостей і ефективності у фотокаталітичній деградації і мінералізації антибіотиків ципрофлоксацину і сульфаметоксазолу під дією штучного сонячного світла.

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

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному.

Вперше експериментально доведено, що використання гідротермального методу серед золь-гель, комбінованого золь-гель-гідротермального, сольвотермального методів синтезу дозволяє отримати найбільш фотокаталітично активний титану (IV) оксид. Гідротермальним методом синтезовано новітні нанокompозитні фотокаталізатори складу  $\text{TiO}_2\text{-Sm}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2\text{-Er}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2\text{-Nd}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2\text{-Pr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2\text{-Sm}_2\text{O}_3/\text{SnO}_2$ , серед яких нанокompозити на основі  $\text{TiO}_2$  та  $\text{Sm}_2\text{O}_3$  продемонстрували найвищу фотокаталітичну активність до ципрофлоксацину.

Встановлено, що найвища фотокаталітична активність у фотокаталітичній деградації і мінералізації антибіотиків ципрофлоксацину і сульфаметоксазолу притаманна фотокаталізатору  $\text{TiO}_2$ , допованому 1 мас.% Sm, що обумовлено одночасним покращенням структурних та оптичних характеристик, а саме збільшенням питомої площі поверхні і поруватості та зменшенням ширини забороненої зони.

Показано, що при використанні нанокompозитів  $\text{TiO}_2\text{-Sm}_2\text{O}_3$  у фотокаталітичному процесі очищені водні розчини після розкладання антибіотиків не виявляють токсичної дії щодо бактерій *E. coli*.

Проведено порівняння властивостей нанокompозитів на основі  $\text{TiO}_2$ , синтезованих різними методами та встановлено, що найбільш фотоаталітично активні матеріали можна одержати гідротермальним методом синтезу.

Встановлено умови отримання ефективного і універсального нанокompозитного фотокаталізатора на основі титану (IV) оксиду, допованого самарію (III) оксидом, гідротермальним методом синтезу, які дозволили розробити параметри його одержання.

Наукові дослідження були виконані здобувачем на кафедрі технології неорганічних речовин, водоочищення та загальної хімічної технології КПІ ім. Ігоря Сікорського в рамках державних науково-дослідних тем



Міністерства освіти і науки України № 2307 п «Новітні нанодисперсні оксидні та композитні адсорбенти і каталізатори екологічного призначення» (2020-2022 р.р., № держреєстрації 0120U102127), № 2003 п «Композиційні наноструктуровані матеріали з регульованими фізико-хімічними властивостями» (2017-2019 р.р., № держреєстрації 0117U000262), міжнародного українсько-білоруського наукового проекту «Гетерогенні металоксидні каталізатори для очищення стічних вод від органічних сполук» (2017-2018 рр., № держреєстрації 0118U004596), держбюджетної теми МОН України для молодих вчених «Створення селективно реакційних металічних та композитних наноматеріалів з використанням екологічних іонних рідин нового покоління» (2021 р., № держреєстрації 0121U100409), індивідуального гранту програми Erasmus+ «Фотокаталітична активність нанокompозитів на основі  $\text{TiO}_2$  до ципрофлоксацину» (2019-2020 рр., Університет Лімеріку, Лімерік, Ірландія), індивідуального гранту програми DAAD «Застосування фотокаталізаторів на основі  $\text{TiO}_2$ , допованих оксидами рідкісноземельних металів (Sm, Pr, Nd, Er) та/або стануму (IV) оксидом, у видаленні антибіотиків» (2021-2022 рр., Інститут каталізу ім. Ляйбніца, Росток, Німеччина) під керівництвом зав. кафедри технології неорганічних речовин, водопідготовки та загальної хімічної технології, доктора технічних наук, доцента Донцової Тетяни Анатоліївни.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання синтезувати новітній ефективний фотокаталізатор на основі титану (VI) оксиду, допованого оксидами рідкісноземельних металів  $\text{Sm}^{3+}$ ,  $\text{Pr}^{3+}$ ,  $\text{Nd}^{3+}$ ,  $\text{Er}^{3+}$  та/або стануму (VI) оксидом, та дослідити його фотокаталітичну активність по відношенню до ципрофлоксацину та сульфаметоксазолу під дією штучного сонячного світла, виконано повністю, а здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

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

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Кутузової А.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 створення новітніх високоактивних фотокаталізаторів.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Кутузової Анастасії Сергіївни 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. Викладена послідовно і доступно науковим стилем мовлення з використанням загальноприйнятої термінології.

Дисертація складається з вступу, 6 розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації 172 сторінок.

У **вступі** обґрунтовано актуальність проведення досліджень за темою дисертаційної роботи та її доцільність, сформульовано мету та основні задачі роботи, описано об'єкт і предмет досліджень, показано наукову новизну, теоретичне значення та практичну цінність одержаних результатів, зазначено особистий внесок здобувача.

**Перший розділ** присвячено аналізу літературних даних щодо забруднення природних вод антибіотиками, небезпека їх поширення в них та їх деградація сучасними методами.

В **другому розділі** представлений огляд об'єктів і методів дослідження, а також методик синтезу титану (IV) оксиду та його допування.

У **третьому розділі** докладно описана характеристика, властивості та фотокаталітична активність синтезованих  $\text{TiO}_2$ -фотокаталізаторів до ципрофлоксацину.

У **четвертому розділі** наведено результати характеристики, а також дослідження властивостей та фотокаталітичної активності  $\text{TiO}_2$ -фотокаталізаторів, допованих оксидами рідкісноземельних металів до ципрофлоксацину та сульфаметоксазолу.

**П'ятий розділ** присвячений характеристиці, вивченню властивостей та фотокаталітичної активності  $\text{TiO}_2$ -фотокаталізаторів, допованих оксидами рідкісноземельних металів та/або  $\text{SnO}_2$  до ципрофлоксацину.

У **шостому розділі** запропонована технологія і схема одержання нанокompозиту титану (IV) оксиду - самарію (III) оксиду.

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 8 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 1 стаття у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; 6 статей у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus, з яких 6 статей у виданнях, віднесених до першого — третього квартилів (Q1—Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports; 1 патент України на корисну модель.

Також результати дисертації були апробовані на 17 наукових фахових конференціях.

Науковий рівень публікацій здобувача є високим. Вони написані дотриманням всіх принципів академічної доброчесності. Особистий внесок



здобувача до всіх наукових публікацій, опублікованих із співавторами та зарахованих за темою дисертації, є важливим і суттєвим.

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

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

З опису методик синтезу не зрозуміло чим відрізнялись методики гідротермального синтезу в Parr-реакторі та «типовому» гідротермальному реакторі, окрім застосованих вихідних реактивів. Який тиск підтримувався в цих апаратах?

В чому складається принципова різниця між гідротермальним та сольватотермальним методами синтезу, що застосовані дисертантом?

В методиці Дослідження фотокаталічної активності (с.67-68) зазначено: «Кожні 15 хв перебігу процесу відбирали 5 см<sup>3</sup> суспензії для оцінки зниження концентрації СІР...). Оскільки вихідного розчину антибіотику було 50 см<sup>3</sup>, як зазначено там же, то через 120 хвилин його б не залишилось. Чи не припустили ви помилки в описі методики?

Чи наявні докази, що за температур, за яких реалізовувався синтез композитних фотокаталізаторів на основі  $\text{TiO}_2$  (150°C та 80°C, для різних стадій), утворюються саме оксиди рідкоземельних металів? Якщо формуються дійсно оксиди, то з якою метою їх вміст в синтезованих композитних фотокаталізаторах перераховувався на чистий метал?

Чому вісь ординат на Рис. 3.1 та 3.1 до експериментів, в яких перші 30 хвилин вивчалась адсорбція, а наступні 120 хвилин – фотокаталітичне розкладання, і яка відображає ступінь зменшення концентрації досліджених антибіотиків в розчині, називається «Деградація, %»? Ця сама вісь на залежності Рис. 4.5 (с.99) називається «Фотодеградація антибіотику, %». Це одна і та сама величина?

Чим пояснюється різний характер залежностей ступенів фотодеградації та мінералізації ципрофлоксацину (Рис. 4.5 та 4.6)?

Висновок підрозділу 4.3 «фотокаталізатори на основі  $\text{TiO}_2$  продемонстрували ефективне видалення антибактеріальної активності антибіотику, що буде корисним у застосуваннях для підготовки питної води та очищення стічних вод» (с.102) не співвідноситься з поясненнями до Рис. 4.7.

В тексті дисертації зустрічаються пунктуаційні помилки, а також різні назви однієї речовини, наприклад, титанум (IV) оксид (с.59), титан (IV) оксид (с.77), а також титану (IV) оксид.

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 Кутузової Анастасії Сергіївни на тему «Фотокаталітична активність

нанокомпозитів на основі  $\text{TiO}_2$  до антибіотиків у водних об'єктах» 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.

Здобувач Кутузова Анастасія Сергіївна заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 16 «Хімічна та біоінженерія» за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія».

**Рецензент:**

Доцент каф. ТНРВ та ЗХТ,  
канд. хім. наук, доцент



М.П.

«13» 02 2023 року