ЗАТВЕРДЖУЮ
Проректор з навчальної роботи
Національного технічного
університету України
“Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського”
к.т.н., доц.
Тетяна ЖЕЛЯСКОВА
“ 27 ” вересня 2024 р.

ВИТЯГ

з протоколу № 2 від 10 вересня 2024 р. засідання
кафедри технології неорганічних речовин, водоочищення та загальної
хімічної технології, Хіміко-технологічного факультету
Національного технічного університету України
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

БУЛИ ПРИСУТНІ:
зав. кафедри ТНРВ та ЗХТ, д.т.н., професор, Донцова Т.А.;
доцент кафедри ТНРВ та ЗХТ, к.т.н., доцент, Янушевська О.І.;
доцент кафедри ТНРВ та ЗХТ, к.т.н., доцент, Косогіна І.В.;
доцент кафедри ТНРВ та ЗХТ, к.т.н., доцент, Концевий А.Л.;
доцент кафедри ТНРВ та ЗХТ, к.х.н., доцент, Супрунчук В.І.;
доцент кафедри ТНРВ та ЗХТ, к.т.н., доцент, Шахновський А.М.;
доцент кафедри ТНРВ та ЗХТ, к.т.н., доцент, Бондаренко С.Г.;
доцент кафедри ТНРВ та ЗХТ, к.т.н., доцент, Сангінова О.В.;
доцент кафедри ТНРВ та ЗХТ, к.т.н., доцент, Толстопалова Н.М.;
доцент кафедри ТНРВ та ЗХТ, к.т.н., доцент, Концевий С.А.;
старший викладач кафедри ТНРВ та ЗХТ, к.т.н., Літинська М.І.;
старший викладач кафедри ТНРВ та ЗХТ, к.т.н., Феденко Ю.М.;
старший викладач кафедри ТНРВ та ЗХТ, к.т.н., Кримець Г.В.;
старший викладач кафедри ТНРВ та ЗХТ, к.т.н., Лапінський А.В.;
старший викладач кафедри ТНРВ та ЗХТ, Обушенко Т.І.;
аспірант кафедри ТНРВ та ЗХТ 3-го року навчання, Куриленко В.С.;
аспірант кафедри ТНРВ та ЗХТ 3-го року навчання, Тивоненко А.В.;
аспірант кафедри ТНРВ та ЗХТ 2-го року навчання, Терешком М.В.;
аспірант кафедри ТНРВ та ЗХТ 2-го року навчання, Мудрик Р.Я.;
аспірант кафедри ТНРВ та ЗХТ 1-го року навчання, Богдан Л.О.;
аспірант кафедри ТНРВ та ЗХТ 1-го року навчання, Яворський Д.Ю..

СЛУХАЛИ:

1. Повідомлення аспірантки кафедри технології неорганічних речовин, водоочищення та загальної хімічної технології, Гуцул Христини

Ростиславівни за матеріалами дисертаційної роботи "Наноструктуровані композитні фотокаталізатори на основі цинк (II) оксиду для деструкції органічних барвників", поданої на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 16 Хімічна та біоінженерія, за спеціальністю 161 Хімічна технологія та інженерія

Освітньо-наукова програма «Хімічні технології та інженерія».

Тему дисертаційної роботи "Наноструктуровані композитні фотокаталізатори на основі цинк (II) оксиду для деструкції органічних барвників", затверджено на засіданні Вченої ради Хіміко-технологічного факультету (протокол № 11 від "29" листопада 2021 року) та перезатверджено на засіданні Вченої ради Хіміко-технологічного факультету (протокол № 4 від "29" квітня 2024 року).

Науковим керівником затверджено к.х.н., доцент, Іваненко І.М.

2. Запитання до здобувача.

Запитання по темі дисертації ставили:

д.т.н., професор, Донцова Т.А.;

к.т.н., доцент, Янушевська О.І.;

доцент, Косогіна І.В.;

доцент, Концевий А.Л.;

к.т.н., Літинська М.І.

3. Виступи за обговореною роботою.

В обговоренні дисертації взяли участь:

д.т.н., професор, Донцова Т.А.;

к.т.н., доцент, Янушевська О.І.;

к.т.н., доцент, Косогіна І.В.;

к.т.н., доцент, Концевий А.Л.;

к.т.н., доцент, Бондаренко С.Г.

УХВАЛИЛИ:

ПРИЙНЯТИ такий висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертаційного дослідження:

1. Актуальність теми дослідження

Фотокаталіз із застосуванням напівпровідникових фотокаталізаторів, включаючи цинк (II) оксид, на сьогоднішній день є одним із найбільш перспективних і ефективних методів очищення води від стійких органічних забруднювачів, завдяки їх мінералізації. Цинк (II) оксид має високу фотокаталітичну активність під дією ультрафіолетового випромінювання, однак його ефективність у видимому світлі залишається низькою через широку заборонену зону. Для підвищення його фотокаталітичної активності під дією видимого світла доцільним є створення композитних матеріалів, де цинк (II) оксид поєднується з іншими оксидами та/або матеріалами, здатними знижувати швидкість рекомбінації електрон-діркових пар та розширювати спектральний діапазон фоточутливості. Таким чином, створення новітніх

композитних фотокаталізаторів на основі цинк (II) оксиду, здатних ефективно працювати під дією ультрафіолетового та сонячного світла, є надзвичайно важливим і актуальним завданням для вирішення проблеми забруднення водних ресурсів.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дисертаційну роботу виконано на кафедрі технології неорганічних речовин, водоочищення та загальної хімічної технології Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» у рамках державної науково-дослідної теми Міністерства освіти і науки України № 2307п «Новітні нанодисперсні оксидні та композитні адсорбенти і каталізатори екологічного призначення» (2020-2022 р.р., № держреєстрації 0120U102127).

3. Наукова новизна отриманих результатів

У дисертації вперше одержані такі нові наукові результати:

- виявлено, що композит з рівним співвідношенням ZnO до TiO_2 має найнижчу площу поверхні і дзета-потенціал, найменшу ширину забороненої зони, найдрібніші частинки та містить найбільшу кількість основних центрів Бренстеда, що пояснює його високу фотокаталітичну активність в процесах деструкції катіонних і аніонних барвників в ультрафіолетовому та видимому діапазонах світла;
- вперше встановлено досягнення повної мінералізації аніонного барвника (конго червоного) при використанні композитного фотокаталізатора з рівним вмістом ZnO і TiO_2 та ультрафіолетового опромінення, що може вказувати на високу ефективність генерування електрон-діркових пар та відповідних радикалів в процесі фотокаталізу;
- вперше виявлено, що композит цинк (II) оксид/цеоліт HY (вміст 20% мас. ZnO) є найбільш ефективним фотокаталізатором для деструкції аніонних барвників високої концентрації (до 50 мг/дм^3) з використанням як ультрафіолетового, так і видимого світла в статичному та циркуляційному режимах.

4. Теоретичне та практичне значення результатів роботи, впровадження

Підтверджено ефективність отриманого фотокаталізатору на основі цинк (II) оксиду в промислових умовах для очищення стічних вод фармацевтичного підприємства ПАТ «Лубнифарм».

Результати експериментальних досліджень використані при розробці нового теоретичного розділу та трьох лабораторних робіт з дисципліни «Інноваційні адсорбційні і каталітичні технології» для магістрів професійного спрямування спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія».

Показано, що композит з рівним співвідношенням ZnO до TiO_2 є високоактивним щонайменше в п'яти циклах фотодеструкції барвників та

повністю регенерується після прожарювання за температури 500°С, що відкриває реальні перспективи його практичного використання.

5. Апробація результатів дисертації

Результати дисертації представлялись та обговорвались на 19 міжнародних конференціях, в тому числі: 9th, 10th, 11th International Conference "Nanotechnologies and Nanomaterials" NANO; The 4th EastWest Chemistry Conference 2021 (EWCC2021) (Turkish Chemical Society and National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute" collaborated), 2021 IEEE 11th International Conference Nanomaterials: Applications & Properties (NAP) тощо.

6. Дотримання принципів академічної доброчесності

За результатами науково-технічної експертизи дисертація Гуцул Х.Р. визнана оригінальною роботою, яка не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень.

7. Перелік публікацій за темою дисертації із зазначенням особистого внеску здобувача:

За результатами досліджень опубліковано 23 наукових публікацій, у тому числі:

- 1 стаття у наукових фахових виданнях України за спеціальністю, 161 Хімічні технології та інженерія в т.ч. 0 статей у яких число співавторів (разом із здобувачем) більше двох осіб;
- 2 статі у періодичних наукових виданнях проіндексованих у базах Scopus та/або Web of Science Core Collection (Q2);
- 1 патент України на корисну модель;
- 19 тез доповідей на наукових конференціях;

Статті:

1. **Hutsul K.**, Ivanenko I., Krymets G. The precipitation synthesis of zinc (II) oxide for photocatalytic degradation of anionic and cationic dyes, *Applied Nanoscience*, volume 12(3), 2022, P. 755-759. https://doi.org/10.1007/s13204-021-01694-x. Журнал цитується наукометричними базами SCOPUS і Web of Science (Q2). *Особистий внесок здобувача – аналіз літературних джерел, проведення експериментальних досліджень, оформлення результатів, написання статті.*
2. **Hutsul K.**, Ivanenko I., Patrylak L., Pertko O., Kamenskyh D. ZnO/Zeolite composite photocatalyst for dyes degradation, *Applied Nanoscience*, volume 13(12), 2023, P. 7601-7609. https://doi.org/10.1007/s13204-023-02950-y. Журнал цитується наукометричними базами SCOPUS (Q2). *Особистий внесок здобувача – аналіз літературних джерел, проведення експериментальних досліджень, оформлення результатів, написання статті.*
3. **Hutsul K.**, Ivanenko I. Photocatalalytic activity of ZnO/TiO_2 composites in circulating conditions, *Water and Water Purification Technologies. Scientific and Technical News*, volume 36(2), 2023, P. 10-17. https://doi.org/10.20535/2218-930022023300601. Фахове видання України (категорія «Б»). *Особистий внесок*

здобувача – аналіз літературних джерел, проведення експериментальних досліджень, оформлення результатів, написання і подання статті.

Патенти:

4. Спосіб отримання фотокаталізатора цинк(II) оксиду осадженням, МПК (2020.01) C01G 9/02.: пат. на корисну модель u202007913. **Гуцул Х.Р.**, Іваненко І.М., Кримець Г.В. №147092; заявл. 11.12.2020; опубл. 07.04.2021, Бюл. №14, 2021 р.

Матеріали конференцій:

5. **Hutsul K.**, Ivanenko I., Fedenko Y. Nanocomposite TiO_2-ZnO for Dyes Photocatalytic Degradation, *2021 IEEE 11th International Conference Nanomaterials: Applications & Properties (NAP)*, 2021, P. 1-4. https://doi.org/10.1109/NAP51885.2021.9568504. *Особистий внесок здобувача – аналіз літературних джерел, проведення експериментальних досліджень, оформлення результатів, написання статті.*
6. **Hutsul K.**, Ivanenko I., Characterization and Photocatalytic Activity of ZnO/TiO_2 Composite, *ECS Transactions*, volume 107(1), 2022, P. 16699-16706. https://doi.org/10.1149/10701.16699ecst. *Особистий внесок здобувача – аналіз літературних джерел, проведення експериментальних досліджень, оформлення результатів, написання і подання статті.*
7. **Hutsul K.**, Stepanova A., Byts O., Ivanenko I. Photocatalytic activity of ZnO under near-real conditions, *Materials Today: Proceedings*, volume 62(P15), 2022, P. 7654–7659. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.02.484. Журнал цитується наукометричною базою SCOPUS. *Особистий внесок здобувача – аналіз літературних джерел, проведення експериментальних досліджень, оформлення результатів, написання і подання статті.*

Тези доповідей:

8. **Гуцул Х.**, Іваненко І. (2020) Фотокаталітичне видалення метилового синього за допомогою цинку оксиду. *Міжгалузеві диспути: динаміка та розвиток сучасних наукових досліджень: матеріали міжнародної наукової конференції. Матеріали конференцій МЦНД*. м. Вінниця, (Україна). С.15-16. *Особистий внесок здобувача – проведення експериментальних досліджень, обробка одержаних результатів, написання і подання тез.*
9. **Hutsul K.**, Ivanenko I. (2020) PHOTOCATALYTIC DEGRADATION OF CONGO RED IN DYNAMIC CONDITIONS. *Збірник наукових праць ΛΌГОΣ*. С. 41-42. *Особистий внесок здобувача – проведення експериментальних досліджень, обробка одержаних результатів, написання і подання тез.*
10. **Гуцул Х.Р.**, Іваненко І.М. (2020) Фотокаталітичне видалення барвника метилового зеленого. *The 1st International scientific and practical conference "Actual trends of modern scientific research". MDPC Publishing*. Munich, (Germany). P. 20-25. *Особистий внесок здобувача – проведення експериментальних досліджень, обробка одержаних результатів, написання і подання тез.*

11. **Гуцул Х.Р.**, Іваненко І.М. (2021) Фотокаталітична деградація конго червоного у динамічних умовах. *"Хімічні Каразінські читання - 2021" (ХКЧ'21): збірка тез доповідей XIII Всеукраїнська наукова конференція студентів та аспірантів.* м. Харків. – Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, Хімічний факультет. С. 50-51. *Особистий внесок здобувача – проведення експериментальних досліджень, обробка одержаних результатів, написання і подання тез.*
12. **Гуцул Х.Р.**, Іваненко І.М. (2021) Дослідження втрати фотокаталітичної активності цинк(II) оксиду при повторному використанні. *I International Scientific and Practical Conference «Theoretical and practical aspects of modern scientific research».* С 43-44. *Особистий внесок здобувача – проведення експериментальних досліджень, обробка одержаних результатів, написання і подання тез.*
13. **Hutsul K.**, Ivanenko I. (2021) TiO_2-ZnO composite as a photocatalyst of dyes destruction. *Матеріали Восьмої міжнародної науково-технічної конференції: Сучасні проблеми технології неорганічних речовин та ресурсозбереження. Збірник наукових статей.* м. Львів, (Україна): Національний університет «Львівська політехніка». С. 194-195. *Особистий внесок здобувача – проведення експериментальних досліджень, обробка одержаних результатів, написання і подання тез.*
14. **Hutsul K.**, Ivanenko I. (2021) ZnO/TiO_2 composite for dyes photocatalytic degradation. *Матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції: Чиста вода. Фундаментальні, прикладні та промислові аспекти.* м. Київ, (Україна). С.28-29. *Особистий внесок здобувача – проведення експериментальних досліджень, обробка одержаних результатів, написання і подання тез.*
15. **Hutsul K.**, Ivanenko I., Krymets G., Puzatko T. (2021) Photodegradation of congo red using zinc (II) oxide in circulating conditions. *Збірник наукових праць Міжнародної науково-практичної конференції «Хімічна технологія: наука, економіка та виробництво».* м. Шостка, (Україна): м. Суми: Сумський державний університет. С.125-128. *Особистий внесок здобувача – проведення експериментальних досліджень, обробка одержаних результатів, написання і подання тез.*
16. **Hutsul K. R.**, Ivanenko I. M. (2021) Photocatalytic decomposition of azo dyes using zinc (II) oxide. *9th International Conference "Nanotechnologies and Nanomaterials" NANO-2021.* м. Львів, (Україна). *Особистий внесок здобувача – критичний огляд літературних джерел, написання і подання тез.*
17. **Hutsul K.**, Ivanenko I. (2021) Synthesis of semiconductor nanosized composite photocatalyst. *First International Conference on Technologies for Smart Green Connected Society 2021* (29th-30th November 2021). *Особистий внесок здобувача – проведення експериментальних досліджень, обробка одержаних результатів, написання і подання тез.*
18. **Hutsul K.**, Stepanova A., Ivanenko I. (2021) Synthesis of TiO_2-ZnO composite photocatalyst. *The 4th East West Chemistry Conference 2021 (EWCC2021) (Turkish Chemical Society and National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute" collaborated).* м. Київ, (Україна). С.119-120. *Особистий*

внесок здобувача – проведення експериментальних досліджень, обробка одержаних результатів, написання і подання тез.

19. **Hutsul K. R.**, Ivanenko I. M. (2022) Functional nanomaterials based on zinc oxide. *10th International Conference "Nanotechnologies and Nanomaterials" NANO-2022.* м. Львів, (Україна). С.72. *Особистий внесок здобувача – критичний огляд літературних джерел, написання і подання тез.*
20. **Hutsul K. R.**, Ivanenko I. M., Patrylak L. (2022). Photocatalytic degradation of azo dyes by ZnO/Zeolite composite under static conditions. *Збірник наукових праць Міжнародної науково-практичної конференції «Хімічна технологія: наука, економіка та виробництво».* – м. Шостка, (Україна): м. Суми: Сумський державний університет. С. 89-91. *Особистий внесок здобувача – проведення експериментальних досліджень, обробка одержаних результатів, написання і подання тез.*
21. **Hutsul K. R.**, Ivanenko I. M. (2022). Composite zinc oxide with zeolite for organic pollutants photodegrade. *11th International Conference "Nanotechnologies and Nanomaterials" NANO-2023.* м. Буковель, (Україна). С.102. *Особистий внесок здобувача – критичний огляд літературних джерел, написання і подання тез.*
22. **Hutsul Kh. R.**, Ivanenko I. M. (2023). Synthesis and band gap of ZnO/TiO_2 nanocomposites. *IX Міжнародна наукова конференція "Фізика невпорядкованих систем".* м. Львів, (Україна). С.55. *Особистий внесок здобувача – проведення експериментальних досліджень, обробка одержаних результатів, написання і подання тез.*
23. **Hutsul Kh. R.**, Ivanenko I. M.(2023). ZnO/TiO_2 composites. Band gap and ζ–potential. *Міжнародна конференція з хімії, хімічно технології та екології, присвяченій 125-річчю КПІ ім. Ігоря Сікорського.* м. Київ, (Україна). С.246. *Особистий внесок здобувача – проведення експериментальних досліджень, обробка одержаних результатів, написання і подання тез.*

Якість та кількість публікацій відповідають "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".

ВВАЖАТИ, що дисертаційна робота Гуцул Х.Р. "Наноструктуровані композитні фотокаталізатори на основі цинк (II) оксиду для деструкції органічних барвників", що подана на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 16 Хімічна та біоінженерія, за спеціальністю 161 Хімічні технології та інженерія, за своїм науковим рівнем, новизною отриманих результатів, теоретичною та практичною цінністю, змістом та оформленням повністю відповідає вимогам, що пред'являють до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії та відповідає напрямку наукового дослідження освітньо-наукової програми КПІ ім. Ігоря Сікорського Хімічні технології та інженерія, зі спеціальності 161 Хімічна технологія та інженерія.

РЕКОМЕНДУВАТИ:

1. Дисертаційну роботу "Наноструктуровані композитні фотокаталізатори на основі цинк (II) оксиду для деструкції органічних барвників", подану Гуцул Христиною Ростиславівною на здобуття наукового ступеня доктора філософії, до захисту у разовій спеціалізованій вченій раді.

2. Вченій раді КПІ ім. Ігоря Сікорського утворити разову спеціалізовану вчену раду у складі:

Голова:

д.т.н., доцент, завідувач кафедри фізичної хімії, Хіміко-технологічний факультет, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», **Воробйова Вікторія Іванівна**;

Члени:

Рецензенти:

к.т.н, доцент, доцент кафедри технології неорганічних речовин, водоочищення та загальної хімічної технології, Хіміко-технологічний факультет, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», **Янушевська Олена Іванівна**;

к.т.н, доцент, в.о. завідувача кафедри хімічної технології композиційних матеріалів, Хіміко-технологічний факультет, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», **Миронюк Олексій Володимирович**;

Офіційні опоненти:

к.т.н., старший науковий співробітник, доцент кафедри хімії, Національний університет «Києво-Могилянська Академія», **Коновалова Вікторія Валеріївна**;

к.х.н., старший науковий співробітник, старший дослідник відділу 48 Фізико-хімії і технології наноструктурної кераміки та нанокомпозитів, Інституту проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича (ІПМ) НАН України, **Загорний Максим Максимович**.

Головуючий на засіданні
д.т.н., професор,
зав. кафедри технології
неорганічних речовин,
водоочищення та загальної
хімічної технології — Тетяна ДОНЦОВА

Вчений секретар
кафедри технології
неорганічних речовин,
водоочищення та загальної
хімічної технології
к.т.н — Юрій ФЕДЕНКО