

# Облікова картка дисертації

## I. Загальні відомості

**Державний обліковий номер:** 0825U003895

**Особливі позначки:** відкрита

**Дата реєстрації:** 08-10-2025

**Статус:** Наказ про видачу диплома

**Реквізити наказу МОН / наказу закладу:** № НСВС/81/25 від 19.11.2025



## II. Відомості про здобувача

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Чжоу Чженьтао --

2. Zhentao Zhou

**Кваліфікація:**

**Ідентифікатор ORCID ID:** Не застосовується

**Вид дисертації:** доктор філософії

**Аспірантура/Докторантура:** так

**Шифр наукової спеціальності:** 161

**Назва наукової спеціальності:** Хімічні технології та інженерія

**Галузь / галузі знань:** хімічна та біоінженерія

**Освітньо-наукова програма зі спеціальності:** Хімічні технології та інженерія

**Дата захисту:** 31-10-2025

**Спеціальність за освітою:** Екологічна інженерія

**Місце роботи здобувача:**

**Код за ЄДРПОУ:**

**Місцезнаходження:**

**Форма власності:**

**Сфера управління:**

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

### III. Відомості про організацію, де відбувся захист

**Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради):** PhD 10948

**Повне найменування юридичної особи:** Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

**Код за ЄДРПОУ:** 02070921

**Місцезнаходження:** проспект Берестейський, Київ, 03056, Україна

**Форма власності:**

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

### IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

**Повне найменування юридичної особи:** Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

**Код за ЄДРПОУ:** 02070921

**Місцезнаходження:** проспект Берестейський, Київ, 03056, Україна

**Форма власності:**

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

### V. Відомості про дисертацію

**Мова дисертації:** Англійська

**Коди тематичних рубрик:** 61.31.55.07, 31.17.15

**Тема дисертації:**

1. Дослідження модифікованих MOF-матеріалів для очищення води від забруднення пестицидами
2. Research on Modified MOF Materials for Water Pesticide Pollutant Purification

**Реферат:**

1. Дана дисертація складається з двох напрямів досліджень: перший присвячений дослідженню фотокаталітичної системи на основі композиту NH<sub>2</sub>-MIL-125/TiO<sub>2</sub> з Ti-MOF; другий – дослідженню фотокаталітичної системи M88A@TA-X на основі Fe-MOF, яку або модифікували дубильною кислотою, або прожарювали. В роботі детально досліджується фізико-хімічна структура композитів NH<sub>2</sub>-MIL-125/TiO<sub>2</sub> та їх фотокаталітична активність у розкладанні інсектициду імідаклоприду у воді. Також детально досліджується фізико-хімічна структура матеріалів серії M88A@TA-X, їх фото-Фентон здатність по відношенню до розкладання гербіциду атразину та їх потенційні застосування. Досліджено фотокаталітична активність композитів NH<sub>2</sub>-MIL-125/TiO<sub>2</sub>, синтезованих при різних співвідношеннях дозувань TiO<sub>2</sub> і ТРОТ (попередника NH<sub>2</sub>-MIL-125). Результати показують, що всі композити NH<sub>2</sub>-MIL-125/TiO<sub>2</sub> демонструють кращі каталітичні властивості порівняно з чистим NH<sub>2</sub>-MIL-125. Крім того виявлено, що матеріал,

синтезований із співвідношенням  $\text{TiO}_2/\text{TPOT}$  як 1:1 ( $\text{NH}_2\text{-MIL-125}/\text{TiO}_2\text{-100\%}$ ), продемонстрував найбільшу каталітичну активність (видалення 100% імідаклоприду за 90 хвилин). При збільшенні співвідношення  $\text{TiO}_2/\text{TPOT}$  з 0.35:1 до 1:1 каталітична активність зростає. Однак подальше збільшення співвідношення  $\text{TiO}_2/\text{TPOT}$  (зі 1:1 до 2:1) не призводить до подальшого збільшення каталітичної активності. Тому як репрезентативний матеріал для характеристики було обрано  $\text{NH}_2\text{-MIL-125}/\text{TiO}_2\text{-100\%}$ . Результати характеристики методами рентгенівського фазового аналізу (РФА), інфрачервоної спектроскопії (ІЧ) та термогравіметричного аналізу (ТГА) показали, що  $\text{TiO}_2$  успішно вбудовується в композит  $\text{NH}_2\text{-MIL-125}/\text{TiO}_2$  під час його синтезу і не порушують будову та хімічну структуру  $\text{NH}_2\text{-MIL-125}$ . Результати скануючої електронної мікроскопії (СЕМ) продемонстрували, що  $\text{TiO}_2$  рівномірно розподіляється на поверхні композиту  $\text{NH}_2\text{-MIL-125}/\text{TiO}_2$ , що полегшує контакт між каталізатором і забруднювачем під час фотокаталітичного процесу. Крім того, результати ультрафіолет-видимої дифузної відбивної спектроскопії (UV-Vis DRS) показують, що ширина забороненої зони композиту  $\text{NH}_2\text{-MIL-125}/\text{TiO}_2$  становить 2,58 еВ, що нижче, ніж у зразків  $\text{NH}_2\text{-MIL-125}$  (2,68 еВ) і  $\text{TiO}_2$  (3,36 еВ). Це свідчить про те, що  $\text{NH}_2\text{-MIL-125}/\text{TiO}_2$  має ширший спектральний діапазон чутливості, що сприятиме більш ефективного фотокаталітичного розкладання забрудників у водних розчинах. У дисертації розглядається вплив різних методів модифікування  $\text{Fe-MOF}$  ( $\text{MIL-88A}$ , позначений як  $\text{M88A}$ ) включаючи стадії прожарювання та модифікування дубильною кислотою перед прожарюванням на фото-Фентонівські каталітичні властивості каталізатора  $\text{M88A@TA-X}$ . Результати показали, що  $\text{M88A@TA-2}$ , модифікований дубильною кислотою і прожарений при 200 °С, продемонстрував найкращу фото-Фентон активність, досягнувши 100% розкладання атразину протягом 30 хвилин. Константа швидкості реакції становила 0,164 хв<sup>-1</sup>, що в 32,8 і 5,5 разів перевищувало показники для  $\text{M88A}$  (0,005 хв<sup>-1</sup>) і  $\text{M88A@TA}$  (0,030 хв<sup>-1</sup>) відповідно.  $\text{M88A@TA-3}$  і  $\text{M88A@TA-4}$ , що синтезовані при вищих температурах, продемонстрували значно знижену або повністю інактивовану активність. Крім того, каталітична активність  $\text{M88A-2}$  (синтезованого шляхом прожарювання  $\text{M88A}$  при 200 °С без модифікації  $\text{TA}$ ) майже не збільшилася порівняно з чистим  $\text{M88A}$ . Ці результати підтверджують, що одночасне модифікування дубильною кислотою та прожарювання при температурі 200 °С є вирішальними для підвищення каталітичної активності  $\text{Fe-MOF}$  ( $\text{M88A}$ ). Окрім оцінки швидкості фото-Фентонового розкладання різних матеріалів також оцінено швидкість розкладання  $\text{H}_2\text{O}_2$  під час фото-Фентонової реакції. Результати показали, що при розкладанні такої ж кількості атразину  $\text{M88A@TA-2}$  потребував на чверть менше  $\text{H}_2\text{O}_2$ , ніж  $\text{M88A}$ , що вказує на те, що ефективність використання  $\text{H}_2\text{O}_2$   $\text{M88A@TA-2}$  була в чотири рази вищою, чим  $\text{M88A}$ . Для дослідження механізму, що лежить в основі фото-Фентонської активності  $\text{M88A@TA-2}$ , морфологія та фазова структура синтезованого матеріалу були охарактеризовані за СЕМ, трансмісійної електронної мікроскопії (ТЕМ) та аналізу питомої поверхні Брунауер-Еммет-Теллер (БЕТ). Результати показують, що  $\text{M88A@TA-2}$  має більш пористу структуру порівняно з немодифікованим  $\text{M88A}$ . Крім того, його площа поверхні, що становить 44 м<sup>2</sup>/г, значно перевищує площу поверхні  $\text{M88A}$  (13 м<sup>2</sup>/г). Більше того, результати характеристики методами РФА, рентгенівської фотоелектронної спектроскопії (РФЕС), ТГА та ІЧ демонструють, що  $\text{M88A@TA-2}$  має високо дефектну структуру. Структура зон  $\text{M88A@TA-2}$  досліджена за допомогою UV-Vis DRS та РФЕС методів. Результати показують, що завдяки дефектам, які впливають на структуру зон, енергія забороненої зони  $\text{M88A@TA-2}$  (2,70 еВ) є вищою, ніж у  $\text{M88A}$  (2,94 еВ), що забезпечує краще поглинання світла.

2. This dissertation is divided into two main parts: the first is the study of a Ti-MOF-based  $\text{NH}_2\text{-MIL-125}/\text{TiO}_2$  composite photocatalytic system; the second is the study of an  $\text{M88A@TA-X}$  photo-Fenton catalytic system based on  $\text{Fe-MOF}$  modified with tannic acid and calcined. In the first part, the physicochemical structure of the  $\text{NH}_2\text{-MIL-125}/\text{TiO}_2$  composites and their photocatalytic degradation performance of the insecticide imidacloprid in water are studied in detail. In the second part, the physicochemical structure of the  $\text{M88A@TA-X}$  series of materials, their photo-Fenton degradation performance of the herbicide atrazine, and their potential applications are studied in detail. This work investigates the photocatalytic activity of  $\text{NH}_2\text{-MIL-125}/\text{TiO}_2$  composites synthesized at different dosage ratios of  $\text{TiO}_2$  and TPOT (the precursor of  $\text{NH}_2\text{-MIL-125}$ ). The results show that all  $\text{NH}_2\text{-MIL-125}/\text{TiO}_2$  composites exhibit superior catalytic performance compared to pure  $\text{NH}_2\text{-MIL-125}$ .

Furthermore, we found that the material synthesized with a TiO<sub>2</sub>/TPOT ratio of 1:1 (NH<sub>2</sub>-MIL-125/TiO<sub>2</sub>-100%) exhibited optimal catalytic activity (removing 100% of imidacloprid in 90 minutes). Increasing the TiO<sub>2</sub>/TPOT ratio from 0.35:1 to 1:1 showed an improvement in catalytic activity. However, further increasing the TiO<sub>2</sub>/TPOT ratio (from 1:1 to 2:1) did not lead to a further increase in catalytic activity. Therefore, this study used NH<sub>2</sub>-MIL-125/TiO<sub>2</sub>-100% as a representative material for characterization. X-ray diffraction spectroscopy (XRD), Infrared absorption spectrum (FTIR), and Thermogravimetric analysis (TGA) characterization demonstrated that TiO<sub>2</sub> successfully incorporated into the NH<sub>2</sub>-MIL-125/TiO<sub>2</sub> composite during its preparation, and that its incorporation did not disrupt the basic lattice and chemical structure of NH<sub>2</sub>-MIL-125. Scanning electron microscopy (SEM) results demonstrated that the TiO<sub>2</sub> in the NH<sub>2</sub>-MIL-125/TiO<sub>2</sub> composite was uniformly dispersed on the surface, facilitating contact between the catalyst and the pollutant during the reaction. Furthermore, Ultraviolet-Visible Diffuse Reflectance Spectroscopy (UV-Vis DRS) results indicate that the band gap energy of NH<sub>2</sub>-MIL-125/TiO<sub>2</sub> is 2.58 eV, lower than that of NH<sub>2</sub>-MIL-125 (2.68 eV) and TiO<sub>2</sub> (3.36 eV). This suggests that NH<sub>2</sub>-MIL-125/TiO<sub>2</sub> has a wider spectral response range, thus favoring photocatalytic reactions. For a photo-Fenton catalyst (M88A@TA-X) prepared by modifying Fe-MOF (MIL-88A, denoted as M88A), this paper discusses the effects of different modification methods (including calcination temperature and whether tannic acid modification was used before calcination) on the photo-Fenton catalytic performance of the catalyst. Results showed that M88A@TA-2, modified with tannic acid and calcined at 200 °C, exhibited the best photo-Fenton activity, achieving 100% atrazine degradation within 30 minutes. Its reaction rate constant was 0.164 min<sup>-1</sup>, 32.8 and 5.5 times that of M88A (0.005 min<sup>-1</sup>) and M88A@TA (0.030 min<sup>-1</sup>), respectively. M88A@TA-3 and M88A@TA-4, synthesized at higher temperatures, exhibited significantly reduced or completely inactivated activities. Furthermore, the catalytic activity of M88A-2 (synthesized by calcining MIL-88A at 200 °C without TA modification) showed almost no increase compared with that of pure MIL-88A. These findings confirm that tannic acid modification and calcination at 200°C are crucial for enhancing the catalytic activity of MIL-88A. In addition to evaluating the photo-Fenton degradation rates of various materials, we also assessed their H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> consumption rates during the photo-Fenton reaction. Results show that M88A@TA-2 exhibits approximately fourfold higher H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> utilization efficiency than M88A, which holds great promise for its future practical applications. To investigate the mechanism underlying the excellent photo-Fenton activity of M88A@TA-2, the morphology and phase structure of the prepared material were characterized using SEM, Transmission electron microscopy (TEM), and Brunauer-Emmett-Teller surface area analysis (BET) methods. Results indicate that M88A@TA-2 exhibits a loose and porous structure compared to unmodified M88A. Furthermore, its surface area, at 44 m<sup>2</sup>/g, is significantly higher than that of M88A (13 m<sup>2</sup>/g). Furthermore, XRD, XPS, TGA, and FTIR characterizations demonstrate that M88A@TA-2 possesses a rich defect structure. The band structure of the prepared material was investigated using UV-Vis DRS and X-ray photoelectron spectroscopy (XPS) valence band spectroscopy. Results show that, thanks to defects regulating the band structure, the band gap energy of M88A@TA-2 (2.70 eV) is higher than that of M88A (2.94 eV), resulting in superior light absorption.

**Державний реєстраційний номер ДіР:**

**Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки:** Нові речовини і матеріали

**Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності:** Освоєння нових технологій виробництва матеріалів, їх оброблення і з'єднання, створення індустрії наноматеріалів та нанотехнологій

**Підсумки дослідження:** Нове вирішення актуального наукового завдання

**Публікації:**

- Zhou Zhentao, Tetiana Dontsova. Modification methods to enhance the performance of TiO<sub>2</sub> in photocatalysis. *Water and Water Purification Technologies. Scientific and Technical News*, 2023, 36(2): 40-57. <https://doi.org/10.20535/2218-930022023299542>
- Zhou Zhentao, Anastasiia Sukhoivanenko, Tetiana Dontsova. Prospects of using MOF/TiO<sub>2</sub> nanocomposites for photocatalytic degradation of pesticides. *Functional Materials*, 2024, 31 (4): 630-637.

<https://doi.org/10.15407/fm31.04.630>

- Wang, W., Shi, H., Shi, H., Zhou, Z., Mao, L., Zhang, L., & Liu, X. Application of modified biochar in integrated pollution management for pesticides and antibiotics in water: Recent advances and future prospects. *Environmental Research*, 2025, 285: 122499. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2025.122499>
- Zhou Zhentao, Dontsova T.A. (2023). Degradation performance and mechanism of MOF/TiO<sub>2</sub> nanocomposites for pesticide pollutants in aqueous phase. Book of abstracts of Міжнародну конференцію з хімії, хімічної технології та екології, що присвячена 125-річчю КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ, р. 263
- Zhou Zhentao, Dontsova T.A. (2023). Prospects for the use of TiO<sub>2</sub>/MOF structures in photocatalysis. Book of abstracts of the International research and practice conference «Nanotechnology and nanomaterials» (NANO-2023). Lviv, p. 206.

**Наукова (науково-технічна) продукція:** матеріали

**Соціально-економічна спрямованість:** створення принципово нової продукції (матеріалів, технологій тощо) для забезпечення експортного потенціалу та заміщенню імпорту

**Охоронні документи на ОПВ:**

**Впровадження результатів дисертації:** Планується до впровадження

**Зв'язок з науковими темами:** 0123U102670

## VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Донцова Тетяна Анатоліївна
2. Tetiana A. Dontsova

**Кваліфікація:** д. т. н., професор, 05.17.01

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0001-8189-8665

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

**Код за ЄДРПОУ:** 02070921

**Місцезнаходження:** проспект Берестейський, Київ, 03056, Україна

**Форма власності:**

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

## VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

**Офіційні опоненти**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Коновалова Вікторія Валеріївна

2. Viktoriya Konovalova

**Кваліфікація:** к. т. н., доцент, 05.17.18

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-1970-728X

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Національний університет "Кієво-Могилянська академія"

**Код за ЄДРПОУ:** 16459396

**Місцезнаходження:** вул. Г. Сковороди, Київ, 04070, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Скиба Маргарита Іванівна

2. Marharyta I. Skyba

**Кваліфікація:** д. т. н., професор, 05.17.01

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0003-4634-280X

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Український державний університет науки і технологій

**Код за ЄДРПОУ:** 44165850

**Місцезнаходження:** вул. Лазаряна, Дніпро, Дніпровський р-н., 49010, Україна

**Форма власності:**

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

**Рецензенти**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Чигиринець Олена Едуардівна

2. Olena Chyhyrynets

**Кваліфікація:** д.т.н., професор, 05.17.14

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-6191-7096

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

**Код за ЄДРПОУ:** 02070921

**Місцезнаходження:** проспект Берестейський, Київ, 03056, Україна

**Форма власності:**

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Миронюк Олексій Володимирович

2. Oleksii V. Myroniuk

**Кваліфікація:** д. т. н., доц., 05.17.11

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0003-0499-9491

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

**Код за ЄДРПОУ:** 02070921

**Місцезнаходження:** проспект Берестейський, Київ, 03056, Україна

**Форма власності:**

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

## VIII. Заключні відомості

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові  
голови ради**

Сокольский Георгій Володимирович

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові  
головуючого на засіданні**

Сокольский Георгій Володимирович

**Відповідальний за підготовку  
облікових документів**

Чжоу Чженьтао

**Реєстратор**

Юрченко Тетяна Анатоліївна

**Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є  
відповідальним за реєстрацію наукової  
діяльності**



Юрченко Тетяна Анатоліївна