

Hà Nội, ngày tháng năm 2025

THÔNG TIN VỀ LUẬN ÁN TIẾN SĨ

- Họ và tên nghiên cứu sinh: Nguyễn Thị Mai
- Giới tính: Nữ
- Ngày sinh: 07/01/1982
- Nơi sinh: Hải Dương
- Quyết định công nhận nghiên cứu sinh: số 3613/QĐ-ĐHKHTN ngày 30/11/2020 của Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội.
- Các thay đổi trong quá trình đào tạo:
 - Điều chỉnh thời gian đào tạo theo QĐ số 4955/ĐQ-ĐHKHTN ngày 26 tháng 12 năm 2023;
 - Văn bản gia hạn số 4828/QĐ-ĐHKHTN ngày 31 tháng 12 năm 2025 của Hiệu trưởng Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội.
- Tên đề tài luận án: Nghiên cứu tận dụng bùn đỏ để xử lý dư lượng kháng sinh trong môi trường nước.
- Chuyên ngành: Kỹ thuật Môi trường
- Mã số: 9520320.01
- Cán bộ hướng dẫn khoa học: (1) GS.TS Nguyễn Mạnh Khải;
(2) PGS.TS. Đặng Văn Thành
- Tóm tắt các kết quả mới của luận án:

11.1. Mục đích của luận án

- Tái sử dụng bùn đỏ làm nguyên liệu chế tạo vật liệu xúc tác Fenton bằng cách biến tính với các vật liệu nền carbon (than trâu, graphene).
- Ứng dụng vật liệu chế tạo xử lý được kháng sinh ciprofloxacin (CIP) trong nước sử dụng công nghệ Fenton với sự hỗ trợ của siêu âm hoặc quang xúc tác kết hợp siêu âm.
- Chỉ ra cơ chế quá trình phân hủy kháng sinh CIP.

11.2. Đối tượng nghiên cứu của luận án

- Bùn đỏ;
- Vật liệu nền carbon (than trâu, graphene);
- Nước giả lập có chứa kháng sinh ciprofloxacin;

11.3. Các phương pháp nghiên cứu đã sử dụng

Kết quả của luận án được thực hiện bằng phương pháp thực nghiệm.

Vật liệu nền carbon (than trâu) được chế tạo một bước bằng phương pháp nhiệt phân nhanh, dập tắt nhanh. Sau đó, vật liệu tổ hợp bùn đỏ/than trâu được chế tạo bằng phương pháp siêu âm, trong khi vật liệu tổ hợp từ bùn đỏ/graphene được chế tạo bằng phương pháp điện hóa. Hình thái, cấu trúc, diện tích bề mặt riêng của vật liệu được phân tích đánh giá trên cơ sở các phép đo kính hiển vi điện tử quét (SEM), hiển vi điện tử truyền qua (TEM), tán sắc năng lượng tia X (EDX), phổ quang điện tử tia X (XPS), nhiễu xạ tia X (XRD), phổ tán xạ Raman và hấp phụ - giải hấp N₂.

Vật liệu tổ hợp được sử dụng làm chất xúc tác Fenton phân hủy kháng sinh CIP với sự hỗ trợ của siêu âm và quang – siêu âm. Từ kết quả thực nghiệm thu được, tính toán hiệu suất phân hủy, động học phản ứng phân hủy, năng lượng hoạt hóa của phản ứng, nhiệt động học của phản ứng, phân tích phổ LC/MS từ đó đề xuất cơ chế phân hủy kháng sinh CIP, đánh giá hiệu quả của quá trình phân hủy để đưa ra điều kiện tối ưu cho xử lý mẫu nước thải thực.

3. Các kết quả chính và kết luận

3.1. Các kết quả chính

- Đã thiết lập được điều kiện chế tạo vật liệu nền carbon (than trấu) từ trấu bằng phương pháp nhiệt phân nhanh (5 phút, 800°C) và dập tắt nhanh (nước lạnh) và điều kiện chế tạo vật liệu tổ hợp từ bùn đỏ/than trấu (RMR) bằng phương pháp siêu âm (tỉ lệ bùn đỏ:than trấu là 1:10 w/w, siêu âm 3 giờ) và bùn đỏ/graphene (RMG) bằng phương pháp điện hóa (2,95A; 30V, 3 giờ) ứng dụng làm xúc tác Fenton phân hủy kháng sinh CIP trong nước với sự hỗ trợ của siêu âm và quang – siêu âm;

- Vật liệu tổ hợp thu được có cấu trúc xốp với diện tích bề mặt riêng (44,22 m²/g cho RMR và 42,08 m²/g cho RMG) nhỏ hơn bùn đỏ và than trấu nhưng tổng thể tích lỗ xốp (1,3892 cm³/g cho RMR và 1,2181 cm³/g cho RMG) lớn hơn của than trấu và graphene, có cấu trúc tinh thể và có chứa thành phần các nhóm chức có vai trò xúc tác (Fe-O, Si-O) và các nhóm chức chứa oxy (-COOH, -OH) có vai trò hấp phụ chất ô nhiễm đến bề mặt vật liệu giúp quá trình phân hủy xảy ra nhanh hơn. Đồng thời giúp giảm điện trở do đó tạo điều kiện thuận lợi cho việc chuyển điện tử hoặc tăng mật độ hạt mang điện, tránh sự tái tổ hợp của điện tử - lỗ trống nên tạo thuận lợi cho sự hấp thụ ánh sáng từ đó giúp cải thiện năng lượng vùng cấm của vật liệu xúc tác dẫn đến giúp điện tử chuyển từ dải hóa trị lên dải cộng hóa trị dễ dàng hơn, giúp tăng tốc độ tạo ra gốc tự do khơi mào cho quá trình phân hủy.

- Quá trình phân hủy CIP bằng SF+ RMR và RMG đạt hiệu quả tốt nhất (75 % và 75,2% CIP đã được loại bỏ sau 180 phút) tại pH 3, C₀=20 mg/L; LLVL=1,0 g/L; T=313 K và V=150 mL. Hiệu suất phân hủy giảm nhẹ xuống còn 70% và 50,2% sau 5 lần tái sử dụng. Phân tích cơ chế quá trình phân hủy cho thấy: RMR và RMG phân hủy CIP thành phân tử con có *m/z* nhỏ nhất là 168,8 và 204,8. Quá trình phân hủy CIP bằng SF + RMR tuân theo mô hình động học giả bậc 1 với tốc độ phân hủy đạt 0,00288 phút⁻¹. Năng lượng hoạt hóa của phản ứng phân hủy là 12403,37 J/mol nhỏ phản ứng phân hủy diễn ra với hàng rào năng lượng thấp và dễ xảy ra hơn. Quá trình phân hủy CIP bằng RMG có năng lượng hoạt hóa nhỏ hơn 0 chứng tỏ các phản ứng không có rào cản. Quá trình phân hủy bằng RMR và RMG là thu nhiệt – tỏa nhiệt và xảy ra do hấp phụ hóa học và/hoặc có sự thay đổi về cấu trúc của vật liệu, phản ứng không tự phát, cần cung cấp năng lượng và các gốc hydroxyl ([•]OH), peroxide ([•]O₂⁻) đóng vai trò quan trọng nhất cho quá trình phân hủy.

- Quá trình phân hủy bằng SPF + RMR và RMG đạt tối ưu (91,02% và 94,65%) tại pH=5, C₀=20 mg/L; t=180 phút, T = 313K và V=350 mL, liều lượng vật liệu RMG là 1,0 g/L. Sau 5 lần tái sử dụng RMR và RMG, hiệu suất phân hủy giảm xuống 77,27% và 72,82%. Phân tích cơ chế phân hủy cho thấy: RMR và RMG phân hủy CIP thành mảnh con có *m/z* nhỏ nhất là 138,7 và 138,8. Quá trình phân hủy tuân theo mô hình động học giả bậc 1 với tốc độ phân hủy 0,0045 phút⁻¹; 0,0112 phút⁻¹; 0,0123 phút⁻¹. Quá trình có năng lượng hoạt hóa dương và nhỏ hơn của một số phản ứng khác chứng tỏ các phản ứng

có rào cản năng lượng thấp. Quá trình thu nhiệt, sự hỗn loạn tăng khi nhiệt độ tăng lên, phản ứng tự phát ở nhiệt độ cao, và các gốc hydroxyl ($\cdot\text{OH}$), peroxide ($\cdot\text{O}_2^-$) đóng vai trò quan trọng nhất cho quá trình phân hủy.

1.1.4. Kết luận

- Kết quả nhận được từ luận án tạo luận cứ cung cấp giải pháp tận dụng bùn đỏ, than trấu từ chất thải thành chất có ích cho các mục đích bảo vệ môi trường.

- Kết quả nghiên cứu là cơ sở để đề xuất điều kiện tối ưu cho quá trình xử lý nước thải thực có chứa kháng sinh.

11.5. Những vấn đề khoa học và kỹ thuật đã được giải quyết

- Tái sử dụng được bùn đỏ (chất thải của ngành công nghiệp sản xuất nhôm từ quặng Bauxite) và than trấu (chế tạo từ vỏ trấu, chất thải của ngành nông nghiệp) làm.

- Đề xuất được các thông số tối ưu cho quá trình xử lý kháng sinh ciprofloxacin trong mẫu nước pha, đồng thời đề xuất được cơ chế và phân tích được sản phẩm của quá trình phân hủy kháng sinh CIP bằng vật liệu chế tạo từ bùn đỏ/than trấu, bùn đỏ/graphene bằng phương pháp Fenton-siêu âm và quang-Fenton-siêu âm.

11.6. Ý nghĩa khoa học và ý nghĩa thực tiễn

*** Ý nghĩa khoa học**

- Cung cấp thêm giải pháp tận dụng bùn đỏ, nhờ đó có thể phát triển công nghệ tái sử dụng môi trường pH cao và các oxide trong bùn thải cho các mục đích bảo vệ môi trường.

- Tìm hiểu được nguyên lý, cơ chế và tổng hợp vật liệu xúc tác trên cơ sở bùn đỏ, than trấu, graphene.

- Đề xuất được cơ chế của quá trình xử lý kháng sinh.

*** Ý nghĩa thực tiễn:**

- Tạo được luận cứ khoa học cho việc biến bùn đỏ từ chất thải thành nguồn tài nguyên có ích cho đầu vào quá trình xử lý nước dùng công nghệ quang Fenton siêu âm.

- Mở ra hướng tận dụng các vật liệu vỏ trấu thành vật liệu đầu vào cho quá trình xử lý CIP trong nước bằng công nghệ quang Fenton siêu âm một cách triệt để, đồng thời giảm chi phí chế tạo vật liệu, nâng cao khả năng tái sử dụng và thu hồi vật liệu.

11.7. Các mục tiêu kinh tế và các mục tiêu khác đã đạt được và khả năng ứng dụng thực tiễn

*** Các mục tiêu kinh tế**

- Giảm giá thành vật liệu xúc tác Fenton bằng cách tận dụng chất thải của ngành công nghiệp (bùn đỏ) và nông nghiệp (vỏ trấu).

- Đề xuất phương pháp xử lý kháng sinh một cách hiệu quả, từ đó giúp giảm chi phí cho quá trình xử lý chất ô nhiễm.

*** Khả năng ứng dụng thực tiễn**

- Khả năng ứng dụng trong xử lý nước thải y tế, nước thải sinh hoạt, nước thải chăn nuôi, nước thải của nhà máy sản xuất dược phẩm...cao.

12. Các hướng nghiên cứu tiếp theo

(1) Khảo sát ảnh hưởng của các ion lạ (CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , NO_3^- , PO_4^{3-} , Na^+ , K^+ , Cl^- ...) và nước nền (nước sông, nước ao, nước hồ, nước cất, nước máy...) đến hiệu suất loại bỏ CIP để làm cơ sở đưa ra điều kiện xử lý cho nước thải thực;

(2) Khảo sát khả năng loại bỏ các loại kháng sinh khác (sulfamethoxazole, tetracycline, enrofloxacin, levofloxacin, oxycycline,...) và các chất hữu cơ khác (thuốc

nhuộm, phenol, phenolic, thuốc trừ sâu,...) để khẳng định tiềm năng ứng dụng của vật liệu;

(3) Khảo sát ảnh hưởng của các yếu tố xử lý khác (nguồn sáng: Xenon, UVC, UVB, ánh sáng mặt trời; tần số siêu âm, ...) đến hiệu quả xử lý;

(4) Thử nghiệm với nước thải thực trên mô hình pilot.

13. Các công trình công bố liên quan đến luận án

1) Nguyen Thi Mai, Dang Van Thanh, Hoa Thi Hong Hanh, Le Thi Thanh Hoa, Nguyen Manh Khai, Do Danh Bich, Duc Dung Nguyen, Cher Ming Tan, Pham Van Hao (2024). Highly adsorptive removal of heavy metal, dye, and antibiotic pollutants using sono-electrochemically functionalized graphene nanosheets derived from graphitic waste. *Journal of chemical environmental engineering*, 12 (3), 113020.

2) Nguyen Thi Mai, Dang Van Thanh, Nguyen Nhat Huy, Do Danh Bich, Tran Thi Minh Hang, Ngo Huu Hao, Nguyen Manh Khai (2024). Red mud supported on rice husk biochar as sono-photo-Fenton catalysts for degradation of ciprofloxacin in water. *Separation and Purification Technology*, 354, 129039.

3) Tran Quoc Toan, Tran Kim Ngan, Do Tra Huong, Phuoc-Anh Le, Nguyen Thi Thuy,* Nguyen Nhat Huy, Dang Van Thanh, Nguyen Manh Khai, and Nguyen Thi Mai* (2023). Green and Facile Synthesis of Porous SiO₂@C Adsorbents from Rice Husk: Preparation, Characterization, and Their Application in Removal of Reactive Red 120 in Aqueous Solution. *ACS Omega* 8, 11, 99049918.

4) Le Thi Thanh Hoa, Dang Van Thanh, Nguyen Manh Khai, Manh Dung Nguyen, Pham Van Hao, Duc Dung Nguyen, Cher Ming Tan and Nguyen Thi Mai* (2024). A synergistic approach to synthesize nitrogen-doped nanobiochars with high adsorptive performance. *Physica Scripta*, 99(9), 0959a8.

5) Tran Quoc Toan, Nguyen Thi Mai, Hoang Minh Trang,* Pham Van Hao, Dang Van Thanh (2023). Ultrasonic-assisted synthesis of magnetic recyclable Fe₃O₄/rice husk biochar based photocatalysts for ciprofloxacin photodegradation in aqueous solution. *RSC Advances*, 13, 11171-11181.

6) Nguyen Thị Mai, Nguyen Van Huong, Vu Duc Loi, Dang Van Thanh, Nguyen Manh Khai (2022). Characterization of red mud generated from Bayer technique for aluminum production in the Tay Nguyen highland areas, Viet Nam. *Vietnam Journal of Science and Technology* 60 (5B) 257-264

7) Nguyễn Thị Mai, Nguyễn Mạnh Khải, Phùng Thị Oanh, Nguyễn Thị Khánh Vân, Đặng Văn Thành, Trần Quốc Toàn (2021). Hấp phụ xanh methylene trong nước bằng vật liệu hấp phụ chế tạo từ bùn đỏ hoạt hóa với tran trấu. *Vietnam Journal of Catalysis and Adsorption*, 10 – special issue 1, 287-292.

TM. Tập thể hướng dẫn

Nghiên cứu sinh

GS.TS. Nguyễn Mạnh Khải

Nguyễn Thị Mai

INFORMATION ON DOCTORAL THESIS

1. Full name: NGUYEN THI MAI
2. Sex: Female
3. Date of birth: 07/01/1982
4. Place of birth: Hai Duong
5. Admission decision number 3613/QĐ-ĐHKHTN dated 30/11/2020 by Rector of VNU University of Sciences.
6. Changes in academic process: Adjusted in the date of 31/12/2024 according to the decision number 4955/ĐQ-ĐHKHTN.
7. Official thesis title: Green route for reuse of red mud slurry for removal of antibiotics residue in aqueous solutions.
8. Major: Environmental technology
9. Code: 9520320.01
10. Supervisors: Prof.Dr. Nguyen Manh Khai and Assoc.Prof.Dr. Dang Van Thanh
11. Summary of the new findings of the thesis

11.1. Thesis purpose

- Reuse of red mud slurry as raw material for preparing of Fenton catalysts by modification with carbon matrix materials (rice husk char, graphene).
- Applying the prepared catalysts for removal of ciprofloxacin (CIP) antibiotic in aqueous solution using Fenton technology with the support of ultrasound or photocatalyst combined with ultrasound.
- Suggesting the mechanism of degradation process of CIP antibiotic.

11.2. Objectives

- Red mud;
- Carbon matrix materials (graphene and rice husk char);
- Emulator water containing ciprofloxacin antibiotic.

11.3. Research methods

The dissertation's results were done by experimental methods.

Carbon matrix materials (rice husk char) was one-step prepared using rapid pyrolysis and rapid quenching. After that, the synthesized material of red mud/rice husk char was prepared using ultrasound method, meanwhile the synthesized material based red mud/graphene was synthesized using electrochemical method. Morphology, structure and specific surface area of obtained materials were analyzed using scanning electron microscope (SEM), transmission electron microscopy (TEM), Wavelength-dispersive X-ray spectroscopy (EDX), X-ray photoelectron spectroscopy (XPS), X-ray diffraction (XRD), Raman spectroscopy and N₂ adsorption – desorption.

The synthesized materials were used as Fenton catalyst for degradation of CIP antibiotic with the support of ultrasound and photocatalyst combined with ultrasound. Based on the obtained experimental results, the degradation efficiency, degradation reaction kinetics, activation energy and thermal dynamics of degradation reactions were calculated and LC/MS spectra was analyzed which were basis for suggesting the degradation mechanism of CIP

antibiotic and evaluating the effectiveness of degradation process to show optimal conditions for actual wastewater treatment.

11.4. Major results and conclusions

11.4.1. The major results

- Suggested the prepared conditions for carbon matrix material (rice husk char) using rapid pyrolysis (5 minutes, 800 °C) and rapid quenching (cool water) and prepared conditions for synthesized material based on red mud/rice husk char (RMR) using ultrasound method (ratio of red mud:rice husk char is 1:10 wt/wt; 3 hours) and red mud/graphene (RMG) using electrochemical method (2.95a, 30V and 3 hours) for applied as Fenton catalyst for degradation of CIP antibiotic in aqueous solution with supporting of ultrasound and photocatalyst combined with ultrasound;

- The obtained synthesized material indicated the porous structure with smaller specific surface area (44,22 m²/g of RMR và 42,08 m²/g of RMG) than that of red mud and rice husk char but higher the total of pore volume (1,3892 cm³/g and 1,2181 cm³/g, respectively), crystalline structure and containing the functional group component (Fe-O, Si-O) which indicates catalytic capacity and oxygen-containing functional groups (-COOH, -OH) which shows the adsorption role to attract the pollutants to catalyst's surface aiming to enhance the degradation speed. At the same time, it also helps to decrease the resistance thus it is beneficial for electron transfer or density increase of electric-containing particles, avoiding the recombination of electron-hole which is convenient for light absorption leading to improve band gap of catalyst thus electrons are easier to jump from valence band to conduction band.

- The highest efficiency of CIP degradation using SF+RMR and RMG (75% and 75,2% after 180 min) was achieved at pH 3, C₀=20 mg/L; catalyst dose = 1.0 g/L; T=313K and V=150 mL. Degradation efficiency decreased slightly to 70% and 50,2% after 5th cycles of reuse. The analysis of degradation mechanism indicated that: RMR and RMG degraded CIP to fragment with smallest *m/z* of 168.8 and 2944.8. CIP degradation using SF+RMR complied following the 1st order kinetics with degradation rate of 0.0028 min⁻¹. The activation energy of degradation reaction (12403.37 J/mol) was small thus the reaction occurred with low energy barrier. Degradation process of CIP using RMG showed the minus activation energy demonstrated no barrier reaction. The reactions with appearance of RMR and RMG were endothermic –exothermic and happened due to chemical adsorption and/or the change of structure of catalyst. The reaction was nonspontaneous which needed to add more energy. The hydroxyl ([•]OH) and peroxide ([•]O₂⁻) radicals played vital roles for degradation reaction.

- The degradation process using SPF + RMR and RMG was highest (91,02% và 94,65%) at pH 5, C₀=20 mg/L; t=180 min; T = 313K and V=350 mL, catalyst dose = 1,0

g/L. After 5th cycles of reuse of RMR and RMG, degradation efficiency decreased to 77,27% and 72,82%. Analyzing the degradation mechanism showed that: RMR and RMG decomposed CIP to form fragments of smallest m/z of 138.7 and 138.8. The degradation process obeyed 1st order kinetics with degradation rate of 0.0045 min⁻¹; 0.0112 min⁻¹; 0.0123 min⁻¹. The activation energy of reactions was positive and smaller than the value of different reactions proved the low energy barrier. The process was endothermic, and entropy increased with increasing of temperature, and it was spontaneous at high temperature. The hydroxyl ($\cdot\text{OH}$) and peroxide ($\cdot\text{O}_2^-$) played vital roles for initiating the degradation reactions.

11.4.2. Conclusions

- Research results of dissertation is basis which supplied the reuse solution of wastes such as red mud and rice husk to protect environment.

- Research results are the basis for suggesting the optimal conditions for wastewater treatment containing antibiotics.

12. Further research directions

- Investigating the effect of strange ions (CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , NO_3^- , PO_4^{3-} , Na^+ , K^+ , Cl^- ...) and water matrixes (lake, pond, river, distilled water, ...) on removal efficiency of CIP;

- Investigating the removal ability of other antibiotics (sulfamethoxazole, tetracycline, enrofloxacin, levofloxacin, oxycycline,...) and other organic compounds (dyes, phenol, phenolic, pesticides...) to confirm the application capacity of catalysts.

- Investigating the other factors (light sources: Xenon, UVC, UVB, sunlight; ultrasound frequency, ...) on removal efficiency of CIP.

- Testing on pilot scale model.

13. Thesis-related publications

1) Nguyen Thi Mai, Dang Van Thanh, Hoa Thi Hong Hanh, Le Thi Thanh Hoa, Nguyen Manh Khai, Do Danh Bich, Duc Dung Nguyen, Cher Ming Tan, Pham Van Hao (2024). Highly adsorptive removal of heavy metal, dye, and antibiotic pollutants using sono-electrochemically functionalized graphene nanosheets derived from graphitic waste. *Journal of chemical environmental engineering*, 12 (3), 113020.

2) Nguyen Thi Mai, Dang Van Thanh, Nguyen Nhat Huy, Do Danh Bich, Tran Thi Minh Hang, Ngo Huu Hao, Nguyen Manh Khai (2024). Red mud supported on rice husk biochar as sono-photo-Fenton catalysts for degradation of ciprofloxacin in water. *Separation and Purification Technology*, 354, 129039.

3) Tran Quoc Toan, Tran Kim Ngan, Do Tra Huong, Phuoc-Anh Le, Nguyen Thi Thuy,* Nguyen Nhat Huy, Dang Van Thanh, Nguyen Manh Khai, and Nguyen Thi Mai* (2023). Green and Facile Synthesis of Porous $\text{SiO}_2@\text{C}$ Adsorbents from Rice Husk: Preparation, Characterization, and Their Application in Removal of Reactive Red 120 in Aqueous Solution. *ACS Omega* 8, 11, 99049918.

4) Le Thi Thanh Hoa, Dang Van Thanh, Nguyen Manh Khai, Manh Dung Nguyen, Pham Van Hao, Duc Dung Nguyen, Cher Ming Tan and Nguyen Thi Mai* (2024). A

synergistic approach to synthesize nitrogen-doped nanobiochars with high adsorptive performance. *Physica Scripta*, 99(9), 0959a8.

5) Tran Quoc Toan, Nguyen Thi Mai, Hoang Minh Trang,* Pham Van Hao, Dang Van Thanh (2023). Ultrasonic-assisted synthesis of magnetic recyclable Fe₃O₄/rice husk biochar based photocatalysts for ciprofloxacin photodegradation in aqueous solution. *RSC Advances*, 13, 11171-11181.

6) Nguyen Thị Mai, Nguyen Van Huong, Vu Duc Loi, Dang Van Thanh, Nguyen Manh Khai (2022). Characterization of red mud generated from Bayer technique for aluminum production in the Tay Nguyen highland areas, Viet Nam. *Vietnam Journal of Science and Technology* 60 (5B) 257-264

7) Nguyễn Thị Mai, Nguyễn Mạnh Khải, Phùng Thị Oanh, Nguyễn Thị Khánh Vân, Đặng Văn Thành, Trần Quốc Toàn (2021). Hấp phụ xanh methylene trong nước bằng vật liệu hấp phụ chế tạo từ bùn đỏ hoạt hóa với tran trấu. *Vietnam Journal of Catalysis and Adsorption*, 10 – special issue 1, 287-292.

Date:

On behalf of academic supervisors

Prof Student

Prof.Dr. Nguyen Manh Khai

Nguyen Thi Mai