

THÔNG TIN KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

1. Thông tin chung

- Tên đề tài: “Tổng hợp, nghiên cứu đặc trưng và khả năng xử lý kháng sinh Ciprofloxacin trong nước của các vật liệu hydrotalcite biến tính bằng ion Co^{2+} ”.
- Mã số: TNUE-2024-13.
- Chủ nhiệm đề tài: TS. Vũ Văn Nhượng.
- Tổ chức chủ trì: Trường ĐHSP – ĐH Thái Nguyên.
- Thời gian thực hiện: Từ tháng 6 năm 2024 đến tháng 11 năm 2025 (có 06 tháng gia hạn).

2. Mục tiêu

- Tổng hợp được các mẫu vật liệu mới có khả năng xử lý tốt kháng sinh Ciprofloxacin trong môi trường nước.
- Đánh giá được hiệu quả xử lý kháng sinh của các mẫu vật liệu tổng hợp.
- Lựa chọn được các vật liệu có hoạt tính tốt để nghiên cứu xử lý nước thải thực tế (nước thải của bệnh viện hoặc của các cơ sở chăn nuôi).

3. Tính mới và sáng tạo

- Lần đầu tiên đã nghiên cứu tổng hợp một cách đầy đủ, hệ thống các vật liệu hydrotalcite biến tính bằng ion Co^{2+} và các vật liệu hydroxide lớp kép CoAl-LDH . Đã nghiên cứu các đặc trưng, tính chất cho các dãy vật liệu tổng hợp để chứng tỏ chúng có khả năng hấp phụ và có hoạt tính quang xúc tác cao.
- Các dãy vật liệu tổng hợp đều cho thấy khả năng hấp phụ ciprofloxacin tốt. Đặc biệt, các vật liệu 1,5CoMgH, 1,5CoMgH500 trong dãy $\text{Co}^{2+}_n\text{Mg}^{2+}_{7-n}\text{Al}^{3+}_3(\text{OH})_2(\text{CO}_3^{2-})_{3/2}.\text{mH}_2\text{O}$ và 1,0CoZnH, 2,0CoZnH500 trong dãy $\text{Co}^{2+}_n\text{Zn}^{2+}_{7-n}\text{Al}^{3+}_3(\text{OH})_2(\text{CO}_3^{2-})_{3/2}.\text{mH}_2\text{O}$ có hoạt tính quang xúc tác cao khi được hoạt hóa bằng persulfate.

4. Kết quả nghiên cứu

1. Bảy vật liệu $\text{Co}^{2+}_n\text{Mg}^{2+}_{7-n}\text{Al}^{3+}_3(\text{OH})_2(\text{CO}_3^{2-})_{3/2}.\text{mH}_2\text{O}$ (kí hiệu là nCoMgH) đã được tổng hợp thành công bằng phương pháp đồng kết tủa theo các tỉ lệ mol $\text{Co}:\text{Al} = (0-0,5-1,0-1,5-2,0-2,5-3,0):3,0$. Các vật liệu đã được nghiên cứu một cách hệ thống đặc trưng, tính chất bằng các phương pháp vật lý như nhiễu xạ tia X (XRD), ảnh SEM, phổ EDS, các đường cong hấp phụ/giải hấp phụ N_2 , phổ UV-Vis DRS. Hiệu suất hấp phụ tốt nhất thuộc về mẫu 1,5CoMgH với dung lượng hấp phụ đạt 158,7 mg/g tại pH = 10. Hoạt tính quang xúc tác của mẫu 1,5CoMgH cao nhất trong dãy khi sử dụng persulfate hoạt hóa. Mẫu 1,5CoMgH

- có thể xử lý CIP 10 ppm, 20 ppm với hiệu suất đạt tới 91,9% và 91,5%. pH môi trường tối ưu để hấp phụ và phân hủy quang xúc tác cho mẫu 1,5CoMgH ở pH = 10,0. Ngoài ra, mẫu 0,5CoMgH cho thấy khả năng phân hủy quang xúc tác CIP tốt nhất trong dãy với hiệu suất phân hủy CIP 25 ppm đạt 51,1%. Kết quả nghiên cứu đã góp phần công bố 02 bài báo trên Tạp chí Phân tích Lý, Hóa và Sinh học (2024) và Tạp chí Xúc tác và Hấp phụ Việt Nam (2025).
2. Sáu vật liệu nung từ $\text{Co}^{2+}_n\text{Mg}^{2+}_{7-n}\text{Al}^{3+}_3(\text{OH})_2(\text{CO}_3^{2-})_{3/2}.\text{mH}_2\text{O}$ (kí hiệu là MgH500, nCoMgH500) thu được sau khi nung ở 500 °C, trong 5 giờ từ các vật liệu MgH, nCoMgH tổng hợp bằng phương pháp đồng kết tủa. Đặc trưng cấu trúc, tính chất của sáu vật liệu được thể hiện qua các kết quả phân tích giản đồ XRD, ảnh SEM, phổ EDS, các đường cong hấp phụ/giải hấp phụ N_2 , phổ UV-Vis DRS. Hiệu suất xử lý CIP 10 ppm tốt nhất thuộc về mẫu 1,5CoMgH500 (hiệu suất xử lý CIP trong khoảng $72,8 \div 79,6\%$ sau 300 phút khảo sát). Hoạt tính xúc tác của mẫu 1,5CoMgH500 được nâng cao trong sự có mặt của $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ 2 mM ÷ 4 mM, được duy trì ở mức cao sau 4 lần sử dụng (hiệu suất xử lý CIP đạt được 62,7%). Ngoài ra, cấu trúc của vật liệu 1,5CoMgH500 ít bị thay đổi sau ba lần tái sử dụng vật liệu. Kết quả nghiên cứu đã được đăng tải 01 bài báo trên Tạp chí Xúc tác và Hấp phụ Việt Nam (2025).
 3. Sáu vật liệu không nung $\text{Co}^{2+}_n\text{Zn}^{2+}_{7-n}\text{Al}^{3+}_3(\text{OH})_2(\text{CO}_3^{2-})_{3/2}.\text{mH}_2\text{O}$ và sáu vật liệu nung ZnAl-hydrotalcite được biến tính bằng ion Co^{2+} đã được tổng hợp thành công bằng phương pháp đồng kết tủa (kí hiệu là nCoZnH và nCoZnH500). Tất cả 12 vật liệu không nung và nung đều được đặc trưng, phân tích tính chất bằng các phương pháp vật lý hiện đại: giản đồ XRD, ảnh SEM, phổ EDS, các đường cong hấp phụ/giải hấp phụ N_2 , phổ UV-Vis DRS. Các thí nghiệm hấp phụ và quang xúc tác cho thấy loạt vật liệu chưa nung hoạt động tốt hơn các vật liệu đã nung ở cùng tỷ lệ Co:Zn:Al. Cụ thể, 1,0CoZnH thể hiện sự phân hủy CIP cao nhất (~76% sau 300 phút), vượt trội hơn 2,0CoZnH500 (~71%). Hiệu suất xử lý CIP 10 ppm chịu chi phối mạnh mẽ bởi độ pH và nồng độ persulfate, với điều kiện tối ưu gần pH từ 4,0 – 8,0 và 2 mM persulfate. Kết quả nghiên cứu đã góp phần đào tạo 01 SV làm Khóa luận tốt nghiệp và bảo vệ thành công trước Hội đồng chấm khóa luận năm 2025 và đăng tải 01 bài báo SCI Q2 trên Tạp chí Physica Scripta.
 4. Sáu vật liệu hydroxide lớp kép $\text{Co}^{2+}_n\text{Al}^{3+}_3(\text{OH})_2(\text{CO}_3^{2-})_{3/2}.\text{mH}_2\text{O}$ (kí hiệu là CoAl-LDH) đã được tổng hợp thành công bằng phương pháp đồng kết tủa theo các tỉ lệ mol Co:Al = (1,0 – 2,0 – 3,0 – 4,0 – 5,0 - 6,0):3,0. Tất cả 06 vật liệu đều được đặc trưng, phân tích tính chất bằng các phương pháp vật lý hiện đại:

giản đồ XRD, ảnh SEM, phổ EDS, các đường cong hấp phụ/giải hấp phụ N_2 , phổ UV-Vis DRS. Kết quả nghiên cứu hoạt tính hấp phụ, quang xúc tác cho thấy vật liệu 2CoAl-LDH có khả năng xử lý CIP 25 ppm tốt nhất với hiệu suất xử lý CIP đạt khoảng 80% sau 240 phút chiếu sáng, sử dụng H_2O_2 30%. Kết quả nghiên cứu đã góp phần đào tạo 01 SV làm đề tài NCKHSV 2024-2025 đạt kết quả tốt.

5. Sản phẩm

5.1. Sản phẩm khoa học

5.1.1. 01 bài báo Quốc tế thuộc danh mục SCIE:

Vu Van Nhung, Vu Thi Hau, Ngo Thi Mai Viet, Tran Thi Hue, Vuong Truong Xuan* (2025), Enhanced Visible-Light Photodegradation of Ciprofloxacin via Co^{2+} -Doped Zn-Al LDH with Persulfate Activation, *Phys.Scr.* 100(2025)105018. <https://doi.org/10.1088/1402-4896/ae0ecb>.

5.1.2. Bài báo được đăng trên tạp chí có điểm từ 0,75 trở lên theo HDGSNN:

1. Vũ Văn Nhượng*, Phạm Thị Hà Thanh (2024), “Nâng cao hiệu quả xử lý kháng sinh ciprofloxacin trong môi trường nước của các vật liệu hydrotalcite biến tính bằng ion Co^{2+} ”, *Tạp chí phân tích Hóa, Lý và Sinh học*, Tập 30, số 2A/2024 (10-07-2024), Tr.64-73.

2. Vũ Văn Nhượng (2025), Nâng cao hiệu quả phân hủy quang xúc tác ciprofloxacin trong môi trường nước của các vật liệu MgAl-hydrotalcite biến tính bằng ion Co^{2+} sử dụng persulfate hoạt hóa, *Vietnam Journal of Catalysis and Adsorption*, 14 – issue 3 (2025) 37-43. <https://doi.org/10.62239/jca.2025.035>.

3. Vũ Văn Nhượng (2025), Nghiên cứu xử lý ciprofloxacin trong môi trường nước của các vật liệu thu được từ các vật liệu MgAl-hydrotalcite biến tính bằng ion Co^{2+} sau khi nung, *Vietnam Journal of Catalysis and Adsorption*, 14 – issue 3 (2025) 98-104. <https://doi.org/10.62239/jca.2025.045>.

5.2. Sản phẩm đào tạo: Đề tài nghiên cứu khoa học sinh viên/khóa luận tốt nghiệp

5.2.1. Khóa luận tốt nghiệp

Đào Khánh Chi (2025), “*Tổng hợp, nghiên cứu đặc trưng cấu trúc, tính chất của các vật liệu hydrotalcite $ZnAlCO_3$ biến tính bằng ion Co^{2+} để xử lý ciprofloxacin trong môi trường nước*”, Khóa luận tốt nghiệp đại học. Đã nghiệm thu đạt loại xuất sắc.

5.2.2. Đề tài NCKHSV

Lê Hương Giang (2025), “*Tổng hợp vật liệu hydroxide lớp kép biến tính bằng ion Co^{2+} và nghiên cứu tính chất, khả năng xử lý ciprofloxacin trong môi trường nước*”, Đề tài NCKHSV. Đã nghiệm thu xếp loại Tốt.

5.3. Sản phẩm ứng dụng

5.3.1. 05 dãy vật liệu tổng hợp. Mỗi dãy vật liệu từ 3-5 gam vật liệu (9-15 gam vật liệu). Có văn bản chuyển giao cho 01 đơn vị (trường THPT Võ Nguyên Giáp).

5.3.2. 01 sơ đồ công nghệ xử lý nước thải thực tế. Có văn bản chuyển giao cho 01 đơn vị (trường THPT Võ Nguyên Giáp).

6. Phương thức chuyển giao, địa chỉ ứng dụng, tác động và lợi ích mang lại của kết quả nghiên cứu:

6.1. Phương thức chuyển giao

Chuyển giao các mẫu vật liệu tổng hợp, quy trình xử lý kháng sinh trong môi trường nước cho Cơ sở giáo dục hoặc đơn vị theo quy định của cơ sở, đơn vị. Dự kiến các đơn vị chuyển giao là các Khoa/Trường đại học hoặc các trường THPT.

6.2. Địa chỉ ứng dụng

Trường Đại học Sư phạm – Đại học Thái Nguyên và các cơ sở/đơn vị trên địa bàn tỉnh Thái Nguyên.

6.3. Tác động và lợi ích mang lại của kết quả nghiên cứu

6.3.1. Đối với lĩnh vực giáo dục và đào tạo

Kết quả nghiên cứu của đề tài sẽ phục vụ đắc lực cho Học viên, sinh viên bảo vệ thành công luận văn cao học và các đề tài NCKHSSV. Các kết quả nghiên cứu sẽ được công bố trên các Tạp chí khoa học uy tín, góp phần khẳng định kết quả nghiên cứu của đề tài. Ngoài ra, các kết quả nghiên cứu sẽ được vận dụng trong quá trình giảng dạy của giảng viên, học viên và sinh viên ngành Hóa học và là kênh tham khảo có giá trị cho các học viên, sinh viên khóa sau.

6.3.2. Đối với lĩnh vực khoa học và công nghệ có liên quan

Đề tài này liên quan tới nhiều lĩnh vực khoa học: Hóa vô cơ, hữu cơ, phân tích, môi trường, hóa học vật liệu... Kết quả nghiên cứu còn góp phần xử lý nước thải thực tế, góp phần bảo vệ môi trường.

6.3.3. Đối với phát triển kinh tế-xã hội

Đề tài sẽ góp phần giải quyết vấn đề xử lý nước thải nói chung và nước thải của các cơ sở chăn nuôi, bệnh viện chứa các loại thuốc kháng sinh nói riêng, góp phần to lớn vào công tác bảo vệ môi trường ở địa phương.

6.3.4. Đối với tổ chức chủ trì và các cơ sở ứng dụng kết quả nghiên cứu

Đề tài sẽ góp phần vào công tác đào tạo đại học và Sau đại học của trường Đại học Sư phạm – Đại học Thái Nguyên. Việc đăng tải các bài báo trên Tạp chí trong và ngoài nước sẽ nâng cao vị thế của Nhà trường, nâng cao chất lượng đội ngũ và các sản phẩm đào tạo của nhà trường.

Ngày tháng 10 năm 2025

Tổ chức chủ trì

Chủ nhiệm đề tài



TS. Vũ Văn Nhượng

THAI NHUYEN UNIVERSITY
THAI NGUYEN UNIVERSITY OF EDUCATION

RESEARCH RESULTS INFORMATION

1. General information

- Project name: “Synthesis, study of characteristics and ability to treat the antibiotic Ciprofloxacin in water of hydrotalcite materials modified by Co^{2+} ions”.
- Code: TNUE-2024-13.
- Project leader: Dr. Vu Van Nhung.
- Host organization: Thai Nguyen University of Education.
- Implementation period: From June 2024 to November 2025 (with 06 months extension).

2. Objectives

- Synthesize new material samples that can effectively treat the antibiotic Ciprofloxacin in water environment.
- Evaluate the effectiveness of antibiotic treatment of synthesized material samples.
- Select materials with good activity to study the treatment of actual wastewater (wastewater from hospitals or livestock facilities).

3. Novelty and creativity

- For the first time, a comprehensive synthesis of the Co^{2+} ion-modified hydrotalcite and CoAl-LDH double-layer hydroxide materials has been studied. The characteristics and properties of the synthesized material series have been studied to demonstrate their high adsorption capacity and photocatalytic activity.
- The synthesized material series all show good ciprofloxacin adsorption capacity. In particular, the materials 1,5CoMgH, 1,5CoMgH500 in the $\text{Co}^{2+}_n\text{Mg}^{2+}_{7-n}\text{Al}^{3+}_3(\text{OH})_2(\text{CO}_3^{2-})_{3/2} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ series and 1,0CoZnH, 2,0CoZnH500 in the $\text{Co}^{2+}_n\text{Zn}^{2+}_{7-n}\text{Al}^{3+}_3(\text{OH})_2(\text{CO}_3^{2-})_{3/2} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ series have high photocatalytic activity when activated by persulfate.

4. Research results

1. Seven $\text{Co}^{2+}_n\text{Mg}^{2+}_{7-n}\text{Al}^{3+}_3(\text{OH})_2(\text{CO}_3^{2-})_{3/2} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (coded by nCoMgH) materials were successfully synthesized by the co-precipitation method with molar ratios $\text{Co}:\text{Al} = (0-0.5-1.0-1.5-2.0-2.5-3.0):3.0$. The materials were systematically characterized and characterized by physical methods such as XRD patterns, SEM images, EDS spectra, N_2 adsorption/desorption curves, UV-Vis DRS spectra. The best adsorption efficiency belonged to sample 1.5CoMgH with an adsorption capacity of

158.7 mg/g at pH = 10. The photocatalytic activity of sample 1.5CoMgH was the highest in the series when using activated persulfate. Sample 1.5CoMgH can treat CIP 10 ppm, 20 ppm with efficiencies reaching 91.9% and 91.5%. The optimal pH environment for photocatalytic adsorption and degradation of 1.5CoMgH sample was at pH = 10.0. In addition, the 0.5CoMgH sample showed the best photocatalytic degradation of CIP in the series with a CIP degradation efficiency of 25 ppm reaching 51.1%. The research results contributed to the publication of 02 articles in the Journal of Physical, Chemical and Biological Analysis (2024) and the Journal of Catalysis and Adsorption of Vietnam (2025).

2. Six synthetic materials MgH500, nCoMgH500 were obtained after calcination at 500 oC for 5 hours from MgH, nCoMgH materials synthesized by the co-precipitation method. The structural and property characteristics of the six materials were shown through the results of XRD analysis, SEM images, EDS spectra, N₂ adsorption/desorption curves, and UV-Vis DRS spectra. The best 10 ppm CIP treatment efficiency belongs to sample 1.5CoMgH500 (CIP treatment efficiency in the range of 72.8 - 79.6% after 300 minutes of investigation). The catalytic activity of sample 1.5CoMgH500 was enhanced in the presence of S₂O₈²⁻ 2 mM - 4 mM, maintained at a high level after 4 uses (CIP treatment efficiency achieved 62.7%). In addition, the structure of material 1.5CoMgH500 was little changed after three reuses of the material. The research results were published in 01 article in the Vietnam Journal of Catalysis and Adsorption (2025).

3. Six uncalcined materials Co²⁺_nZn²⁺_{7-n}Al³⁺₃(OH)₂(CO₃²⁻)_{3/2}.mH₂O and six calcined materials modified with Co²⁺ ions were successfully synthesized by the co-precipitation method. All 12 unburned and calcined materials were characterized and analyzed by modern physical methods: XRD patterns, SEM images, EDS spectra, N₂ adsorption/desorption curves, UV-Vis DRS spectra. Adsorption and photocatalytic experiments showed that the series of unburned materials performed better than calcined materials at the same Co:Zn:Al ratio. Specifically, 1.0CoZnH exhibited the highest CIP degradation (~76% after 300 min), outperforming 2.0CoZnH500 (~71%). The 10 ppm CIP treatment efficiency was strongly influenced by pH and persulfate concentration, with optimal conditions near pH 4.0 – 8.0 and 2 mM persulfate. The research results have contributed to the training of 01 student to write a good thesis and successfully defend it before the thesis evaluation board in 2025 and publish 01 SCIE Q2 article in Physica Scripta Journal.

4. Six Co²⁺_nAl³⁺₃(OH)₂(CO₃²⁻)_{3/2}.mH₂O (noted by CoAl-LDH) double layer hydroxide materials have been successfully synthesized by the co-precipitation method

at the molar ratios Co:Al = (1.0 – 2.0 – 3.0 – 4.0 – 5.0 - 6.0):3.0. All 06 materials were characterized and analyzed by modern physical methods: XRD diagrams, SEM images, EDS spectra, N₂ adsorption/desorption curves, UV-Vis DRS spectra. The results of the study on adsorption and photocatalytic activity showed that 2CoAl-LDH material has the best ability to treat CIP 25 ppm with CIP treatment efficiency reaching about 80% after 240 minutes of illumination, using 30% H₂O₂. The research results have contributed to the training of 01 student to do the research topic of the 2024-2025 with good results.

5. Products

5.1. Scientific products

5.1.1. 01 international article in the SCIE category:

Vu Van Nhung, Vu Thi Hau, Ngo Thi Mai Viet, Tran Thi Hue, Vuong Truong Xuan* (2025), Enhanced Visible-Light Photodegradation of Ciprofloxacin via Co²⁺-Doped Zn–Al LDH with Persulfate Activation, *Physica Scripta*. <https://doi.org/10.1088/1402-4896/ae0ecb>.

5.1.2. Articles published in journals with a score of 0.75 or higher:

1. Vu Van Nhung*, Pham Thi Ha Thanh (2024), Enhanced efficiency of ciprofloxacin antibiotic treatment in water environment of hydrotalcite materials modified by Co²⁺ ion, *Journal of Analytical Chemistry, Physics and Biology*, Vol. 30, No. 2A/2024 (July 10, 2024), pp. 64-73.

2. Vu Van Nhung (2025), Enhanced photocatalytic degradation efficiency of ciprofloxacin in aqueous media of Co²⁺ ion modified MgAl-hydrotalcite materials using activated persulfate, *Vietnam Journal of Catalysis and Adsorption*, 14 – issue 3 (2025) 37-43. <https://doi.org/10.62239/jca.2025.035>.

3. Vu Van Nhung (2025), Study on the treatment of ciprofloxacin in aqueous media of calcined materials derived from Co²⁺ modified MgAl-Hydrotalcite, *Vietnam Journal of Catalysis and Adsorption*, 14 – issue 3 (2025) 37-43. <https://doi.org/10.62239/jca.2025.035>.

3. Vu Van Nhung (2025), Research on the treatment of ciprofloxacin in aqueous environment of materials obtained from MgAl-hydrotalcite materials modified by Co²⁺ ions after calcination, *Vietnam Journal of Catalysis and Adsorption*, 14 – issue 3 (2025) 98-104. <https://doi.org/10.62239/jca.2025.045>.

5.2. Training products: Student scientific research topics/graduation thesis

5.2.1. Graduation thesis

Dao Khanh Chi (2025), “Synthesis, study of structural characteristics and properties of ZnAlCO_3 hydrotalcite materials modified by Co^{2+} ions to treat ciprofloxacin in aqueous environment”, University graduation thesis has been classified as excellent grade.

5.2.2. Research topic

Le Huong Giang (2025), “Synthesis of double layered hydroxide materials modified by Co^{2+} ions and study of properties and ability to treat ciprofloxacin in aqueous environment”, Research topic has been classified as Good.

5.3. Applied products

5.3.1. 03 series of synthesized materials. Each series of materials is from 3-5 grams of material (9-15 grams of material). There is a transfer document for 02 units.

5.3.2. 01 actual wastewater treatment technology diagram. There is a transfer document for 02 units.

6. Transfer method, application address, impact and benefits of research results:

6.1. Transfer method

Transfer synthetic material samples, antibiotic treatment processes in water environment to educational institutions or units according to the regulations of the institution or unit. The expected transfer units are Faculties/Universities or high schools.

6.2. Application address

Thai Nguyen University of Education and other facilities/units in Thai Nguyen province.

6.3. Impact and benefits of research results

6.3.1. For the field of education and training

The research results of the topic will effectively serve students to successfully defend their master's theses and research topics. The research results will be published in prestigious scientific journals, contributing to affirming the research results of the topic. In addition, the research results will be applied in the teaching process of lecturers, students and students of Chemistry and will be a valuable reference channel for students and students of the following courses.

6.3.2. For related fields of science and technology

This topic is related to many scientific fields: inorganic chemistry, organic chemistry, analysis, environment, materials chemistry... The research results also

contribute to the treatment of actual wastewater, contributing to environmental protection.

6.3.3. For socio-economic development

The topic will contribute to solving the problem of wastewater treatment in general and wastewater from livestock farms and hospitals containing antibiotics in particular, contributing greatly to environmental protection in the locality.

6.3.4. For the host organization and the facilities applying the research results

The topic will contribute to the undergraduate and postgraduate training of the University of Education - Thai Nguyen University. Publishing articles in domestic and foreign journals will enhance the position of the University, improve the quality of the staff and training products of the school.

Date October 2025

Hosting organization

Project leader



Dr. Vu Van Nhung