

CỘNG HÒA XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM

Độc lập – Tự do – Hạnh phúc

**BẢN GIẢI TRÌNH TIẾP THU, CHỈNH SỬA LUẬN ÁN
CỦA NGHIÊN CỨU SINH THEO Ý KIẾN CỦA PHẢN BIỆN ĐỘC LẬP SỐ 1**

Kính gửi: Viện Tài nguyên và Môi trường, ĐHQGHN

Họ và tên: Trương Mạnh Tuấn Mã NCS: 9440301.04

Công tác tại: Cục Môi trường, Bộ Nông nghiệp và Môi trường.

Tôi đã được công nhận nghiên cứu sinh theo Quyết định số 463/QĐ-TN&MT ngày 02/12/2020 của Viện Tài nguyên và Môi trường về việc công nhận nghiên cứu sinh năm 2020.

Thuộc chuyên ngành: Môi trường và phát triển bền vững

Mã số: 9440301.04

Người hướng dẫn khoa học:

Hướng dẫn chính: GS. TS. Nguyễn Ngọc Minh

Đồng hướng dẫn: TS. Lê Văn Giang

Tháng 9 năm 2025 Hồ sơ Luận án của tôi đã được gửi cho phản biện độc lập để đánh giá. Tôi đã nhận được các ý kiến nhận xét, góp ý rất quý giá của các thành viên của hội đồng. Bản thân đã tiếp thu và nghiêm túc chỉnh sửa luận án, và xin giải trình các điểm đã chỉnh sửa trong luận án như sau :

STT	Ý kiến góp ý của Phản biện số 1	Kết quả tiếp thu
1	Mục tiêu Luận án Bổ sung mục tiêu tổng quát: Ví dụ Xây dựng cơ sở khoa học và thực tiễn cho việc áp dụng công nghệ kết tinh đồng thể tầng sôi (FBHC) trong thu hồi sắt (Fe) và nhôm (Al) từ bùn đỏ của quá trình sản xuất alumin tại Việt Nam, góp phần giảm thiểu chất thải và phát triển mô hình kinh tế tuần hoàn trong ngành khai thác khoáng sản.	Nghiên cứu sinh tiếp thu ý kiến này và tách nội dung Mục tiêu nghiên cứu thành hai nội dung tại trang 2 và trang 3 của Luận án cụ thể như sau: - Mục tiêu tổng quát Xây dựng cơ sở khoa học và thực tiễn cho việc áp dụng công nghệ kết tinh đồng thể tầng sôi (FBHC) trong thu hồi sắt (Fe) và nhôm (Al) từ bùn đỏ của quá trình sản xuất alumin tại Việt Nam, góp phần giảm thiểu chất thải và phát triển mô hình kinh tế tuần hoàn trong ngành khai thác khoáng sản. - Mục tiêu cụ thể: theo nội dung trong Luận án

2	Tổng quan (Chương 1) 2.1. Bổ sung dữ liệu so sánh định lượng quốc tế. 2.2. Cập nhật các công trình mới nhất (giai đoạn 2023–2024) về kinh tế tuần hoàn và tái sử dụng bùn đỏ. 2.3. Làm rõ khoảng trống nghiên cứu mà luận án tập trung giải quyết.	Nghiên cứu sinh xin tiếp thu và bổ sung các nội dung trong Luận án kèm theo các nguồn tài liệu tham khảo, gồm có: 2.1. Về bổ sung dữ liệu so sánh định lượng: - Bổ sung cập nhật dữ liệu ước tính phát sinh bùn đỏ của một số quốc gia năm 2024 tại Bảng 1.2 của Luận án, căn cứ theo tài liệu cập nhật US Geological Survey, 2025, Mineral Commodity Summaries; - Bổ sung thêm phần bình luận ở dưới Bảng 1.2 2.2. Về việc cập nhật các công trình mới nhất (giai đoạn 2023–2024) về kinh tế tuần hoàn và tái sử dụng bùn đỏ: - Đã bổ sung thêm 1 mục về Kinh tế tuần hòa và hướng tiếp cận đa ngành trong quản lý bùn đỏ tại mục 1.1.5 (trang 21) của Luận án - Bổ sung 02 tài liệu tham khảo trích dẫn cho nội dung này (tài liệu tham khảo số 130 và 131). 2.3. Về khoảng trống nghiên cứu mà Luận án cần tập trung giải quyết: đã bổ sung chỉ rõ khoảng trống nghiên cứu ở mục 6 Phần mở đầu (trang 5 và trang 6 của Luận án): + Hiện nay, sự thiếu vắng một công nghệ hiệu quả, khả thi về kinh tế và bền vững về môi trường, có khả năng thu hồi một cách chọn lọc và tuần tự các kim loại có giá trị từ dung dịch hòa tách bùn đỏ phức tạp, tạo ra sản phẩm dạng tinh thể có độ tinh khiết cao, dễ dàng tách lọc mà không phát sinh một lượng lớn bùn thải thứ cấp cho thấy khoảng trống nghiên cứu trong vấn đề này; + Cách tiếp cận của Luận án không chỉ mang lại một giải pháp công nghệ mới, giải quyết được những hạn chế cố hữu của các phương pháp hiện có, mà còn hoàn toàn phù hợp với định hướng chiến lược quốc gia về kinh tế tuần hoàn. Luận án do đó đã xây dựng một cầu nối vững chắc giữa nghiên cứu khoa học tiên tiến và nhu cầu cấp bách của ngành công nghiệp và công tác bảo vệ môi trường tại Việt Nam.
3	Vật liệu & Phương pháp (Chương 2)	3.1. Nghiên cứu sinh tiếp thu và đã bổ sung đã bổ sung ở mục 2.2.2 của Luận án bằng đặc tính cơ

	3.1. Mô tả rõ ràng các đặc tính ban đầu của bùn đỏ (màu sắc, độ ẩm, khối lượng riêng, pH, thành phần hóa học như Na₂O, Fe₂O₃, Al₂O₃, TiO₂, SiO₂). 3.2. So sánh thành phần bùn đỏ với các nghiên cứu khác để khẳng định tính đại diện của mẫu.	bản của bùn đỏ được sử dụng trong nghiên cứu, cụ thể: <table><tr><th>STT</th><th>Đặc Tính</th><th>Đơn Vị</th><th>Đặc điểm/giá trị</th></tr><tr><td>1</td><td>Màu sắc</td><td>-</td><td>Đỏ sẫm, nâu đỏ</td></tr><tr><td>2</td><td>pH</td><td>-</td><td>11,12 – 12,0</td></tr><tr><td>3</td><td>Khối lượng riêng hạt</td><td>g/cm³</td><td>2,9 – 3,12</td></tr><tr><td>4</td><td>Khối lượng thể tích khô lớn nhất</td><td>g/cm³</td><td>1,65 -1,69</td></tr><tr><td>5</td><td>Thành phần hạt</td><td>%</td><td>Rất mịn, 85-90% hạt < 0.050 mm.</td></tr><tr><td>6</td><td>Kích thước hạt</td><td>µm</td><td>15</td></tr></table> 3.2. Nghiên cứu sinh đã tiếp thu và bổ sung thông tin trong bảng 3.1 của Luận án, so sánh giữa kết quả mẫu nghiên cứu và các thông tin mẫu tại 2 Nhà máy Tân Ra và Nhân Cơ	STT	Đặc Tính	Đơn Vị	Đặc điểm/giá trị	1	Màu sắc	-	Đỏ sẫm, nâu đỏ	2	pH	-	11,12 – 12,0	3	Khối lượng riêng hạt	g/cm ³	2,9 – 3,12	4	Khối lượng thể tích khô lớn nhất	g/cm ³	1,65 -1,69	5	Thành phần hạt	%	Rất mịn, 85-90% hạt < 0.050 mm.	6	Kích thước hạt	µm	15
STT	Đặc Tính	Đơn Vị	Đặc điểm/giá trị																											
1	Màu sắc	-	Đỏ sẫm, nâu đỏ																											
2	pH	-	11,12 – 12,0																											
3	Khối lượng riêng hạt	g/cm ³	2,9 – 3,12																											
4	Khối lượng thể tích khô lớn nhất	g/cm ³	1,65 -1,69																											
5	Thành phần hạt	%	Rất mịn, 85-90% hạt < 0.050 mm.																											
6	Kích thước hạt	µm	15																											
4	Kết quả (Chương 3) Bổ sung sai số hoặc độ lệch chuẩn (±SD) vào các bảng biểu trình bày kết quả thí nghiệm để tăng độ tin cậy.	Nghiên cứu sinh tiếp thu và đã bổ sung thông tin này trong bảng 3.1, đồng thời có bổ sung bình luận về các nội dung được nêu trong Bảng. Nội dung đã được bổ sung tại mục 3.1.2 (trang 81, 82 của Luận án), cụ thể:																												
5	Bổ sung ước tính chi phí xử lý cho 1 tấn bùn đỏ và giá trị kim loại thu hồi được, hoặc ít nhất là so sánh tương đối với các phương pháp hiện hành	Luận án có sử dụng là phương pháp phân tích chi phí – lợi ích (Cost–Benefit Analysis, CBA) ở quy mô pilot (thí điểm). Luận án thực hiện tính toán các chi phí trực tiếp (năng lượng bơm, năng lượng sấy, hóa chất NaOH) và các lợi ích kinh tế thu được (doanh thu từ bán sản phẩm Fe(OH)₃ và Al(OH)₃, cùng với phần chi phí tiết kiệm được từ xử lý nước thải). Phân tích này được mô tả là một dạng “phân tích chi phí – lợi ích ở quy mô pilot”, không nhằm thương mại hóa ngay mà dùng để																												

		đánh giá tính định hướng và khả năng mở rộng quy mô
6	Kết luận & Kiến nghị Chỉnh sửa lại cho ngắn gọn, mạch lạc hơn, phân chia nội dung theo nhóm rõ ràng, và nhấn mạnh tính mới cùng khả năng ứng dụng của kết quả nghiên cứu.	Nghiên cứu sinh tiếp thu và đã chỉnh sửa lại nội dung kết luận và kiến nghị trong Luận án
7	Các bài báo đã công bố Làm rõ đóng góp cụ thể của luận án trong 2 bài báo sau.: 1. "Recovery of high-quality struvite fertilizer product from swine wastewater..." trên tạp chí RSC Advances. 2. "Nghiên cứu áp dụng kết tinh đồng thể tầng sôi để thu hồi sắt và đồng..." trên Tạp chí Môi trường.	Đóng góp khoa học trọng tâm của luận án là nghiên cứu, phát triển và làm chủ một nền tảng công nghệ phức tạp – công nghệ Kết tinh tạo hạt đồng thể tầng sôi (FBHC) – để giải quyết bài toán thu hồi tài nguyên từ chất thải nguy hại. Đối tượng bùn đỏ được lựa chọn làm nhiệm vụ nghiên cứu chính vì đây là một trong những bài toán khó và thách thức nhất, đòi hỏi một quy trình công nghệ đa giai đoạn và sự hiểu biết sâu sắc về hóa học phức tạp. Bằng việc giải quyết thành công bài toán khó này, luận án đã xây dựng một bộ năng lực khoa học và kỹ thuật vững chắc. Hai bài báo khoa học chính là minh chứng cho việc áp dụng thành công bộ năng lực này để giải quyết các bài toán môi trường khác, cụ thể như sau: 1. Đóng góp của Luận án cho bài báo "Recovery of high-quality struvite fertilizer product from swine wastewater..." (Tạp chí RSC Advances): + Nội dung của bài báo Thành phần đơn giản hơn, xử lý trực tiếp. Mục tiêu là thu hồi chất dinh dưỡng (N, P) từ nước thải chăn nuôi lợn. Luận án đã giải quyết một bài toán khó hơn về bản chất hóa lý. Kiến thức vận hành hệ thống FBHC từ luận án được áp dụng trực tiếp cho một đối tượng đơn giản hơn; + Chỉ sử dụng hệ thống FBHC một cột để đồng kết tủa các ion dinh dưỡng thành struvite tại một điều kiện pH duy nhất ($\text{pH} \approx 9,0$), trong khi đó Luận án đã phát triển một cấu hình công nghệ phức tạp và linh hoạt hơn. Kinh nghiệm thiết kế, lắp đặt và vận hành hệ thống hai cột này là nền tảng để triển khai hệ thống một cột trong bài báo một cách nhanh chóng và hiệu quả.

		+ Bài báo đã tối ưu hóa các điều kiện cho quá trình kết tinh struvite trong lò FBHC, Chứng minh hiệu quả thu hồi N, P từ nước thải chăn nuôi. Toàn bộ kiến thức về thiết kế lò phản ứng, kiểm soát thủy động lực học, tối ưu hóa các thông số vận hành (pH, thời gian lưu, tốc độ dòng) đã được hình thành từ luận án. Cách tiếp cận có hệ thống để khảo sát và tối ưu hóa các yếu tố ảnh hưởng trong bài báo được kế thừa trực tiếp từ quá trình thực hiện luận án. 2. Đóng góp của Luận án cho bài báo "Nghiên cứu áp dụng kết tinh đồng thể tầng sôi để thu hồi sắt và đồng..." (Tập chí Môi trường) + Toàn bộ các kết quả nghiên cứu về điều kiện kết tủa, động học và cơ chế hình thành hạt của sắt trong luận án là điểm khởi đầu trực tiếp cho bài báo về Fe/Cu + Các kỹ thuật phân tích đặc tính sản phẩm (SEM, XRD) và giải thích cơ chế hình thành hạt lõi-vỏ trong bài báo Fe/Cu được kế thừa từ phương pháp luận đã áp dụng trong luận án
8	Bản Trích yếu Luận án (Abstract) 8.1. Sửa lỗi lặp từ ("hoàn thiện hoàn thiện"). 8.2. Làm rõ thuật ngữ (ví dụ: "H₂O₂ supplementation at a 1:5 ratio" nên ghi rõ là tỷ lệ mol). 8.3. Sửa lỗi tiếng Anh ("New finiding" thành "New findings").	8.1. Nghiên cứu sinh tiếp thu và đã sửa lại trong Luận án lỗi kỹ thuật này trong trích yếu luận án 8.2. Nghiên cứu sinh tiếp thu và đã sửa lại nội dung trích yếu. 8.3. Nghiên cứu sinh đã sửa lại lỗi kỹ thuật này trong Luận án
9	Bản tóm tắt Luận án 9.1. Rút gọn phần mở đầu. 9.2. Bổ sung các kết quả kỹ thuật và đóng góp mới, đặc biệt là mô hình FBHC hai cột và kết quả phân tích sản phẩm. 9.3. Đảm bảo tính cân đối giữa các phần (lý thuyết, phương pháp, kết quả).	9.1 Nghiên cứu sinh tiếp thu và đã rút ngắn phần này 9.2. Nghiên cứu sinh tiếp thu và đã bổ sung phần này trong bản tóm tắt tương ứng với nội dung Luận án. 9.3. Nghiên cứu sinh tiếp thu, đã rà soát và cân đối lại bản tóm tắt Luận án.

Trên đây là toàn bộ nội dung chỉnh sửa theo ý kiến của phản biện độc lập số 1, nội dung này đã được tập thể giáo viên hướng dẫn thông qua.

Kính đề nghị Viện Tài nguyên và Môi trường, Đại học Quốc gia Hà Nội xem xét và cho phép tôi được tiếp tục quy trình bảo vệ luận án.

Tôi xin trân trọng cảm ơn.