

Khảo Sát Khả Năng Hấp Phụ Amoni Của Các Vật Liệu Geopolymer Có Nguồn Gốc Từ Aluminosilicate Và Ứng Dụng Xử Lý Nước Thải Chăn Nuôi Tại Xã Giang Sơn, Huyện Gia Bình, Tỉnh Bắc Ninh

Nguyễn Thị Khánh Huyền¹, Tạ Thị Hoài^{2,3,*}, Nguyễn Thị Hải^{2,3}, Nguyễn Thiên Phương Thảo³, Trần Thị Dung³

¹Trường Đại học Việt Nhật, Đại học Quốc Gia Hà Nội

²Phòng thí nghiệm Trọng điểm Địa môi trường và Ứng phó BĐKH, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc Gia Hà Nội

³Khoa Địa Chất, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc Gia Hà Nội

Liên hệ

Tạ Thị Hoài, Phòng thí nghiệm Trọng điểm Địa môi trường và Ứng phó BĐKH, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc Gia Hà Nội

Khoa Địa Chất, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc Gia Hà Nội

Email: hoaitt@hus.edu.vn

Lịch sử

- Ngày nhận:
- Ngày chấp nhận:
- Ngày đăng: 31-12-2024

DOI :10.32508/stdjns.v7iS1.1358



Bản quyền

© ĐHQG Tp.HCM. Đây là bài báo công bố mở được phát hành theo các điều khoản của the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



TÓM TẮT

Xử lý nước thải hiệu quả trước khi thải ra ngoài môi trường là một trong những công đoạn quan trọng trong hoạt động sản xuất, phát triển kinh tế gắn liền với bảo vệ môi trường. Bài báo nhằm đánh giá và so sánh khả năng hấp phụ amoni của các vật liệu geopolymer biến tính từ các aluminosilicate bao gồm tro bay, laterite và bentonite, ứng dụng cho xử lý nước thải chăn nuôi tại xã Giang Sơn, huyện Gia Bình, tỉnh Bắc Ninh. Kết quả cho thấy các vật liệu tro bay, laterite và bentonite thô có dung lượng và hiệu suất hấp phụ thấp, giá trị lần lượt là 0,19 mg/g và 8,53%; 0,28 mg/g và 10,54%; 0,175 mg/g và 7,95%. Sau khi biến tính bằng dung dịch NaOH và Na₂SiO₃, dung lượng và hiệu suất hấp phụ amoni của các vật liệu này tăng khoảng 6,4 lần. Trong đó, laterite biến tính có khả năng xử lý amoni tốt nhất với dung lượng và hiệu suất hấp phụ lần lượt là 1,26 mg/g và 54,3%. Ngoài ra, hàm lượng amoni trong nước thải chăn nuôi sau khi xử lý qua hầm biogas trong khu vực nghiên cứu ở mức cao, dao động từ 120-241 mg/L, trung bình cao hơn QCVN 62-MT:2016/BTNMT khoảng 1,26 lần. Trong số các vật liệu geopolymer ở trên, geopolymer biến tính từ laterite đã xử lý amoni trong nước thải sau hầm biogas ở mức cho phép theo quy chuẩn trên. Cần có thêm các nghiên cứu về điều kiện thí nghiệm khác nhau để tìm ra điều kiện tối ưu cho khả năng xử lý amoni của các vật liệu này.

Từ khóa: Hấp phụ, ammonium, geopolymer, aluminosilicate, Nước thải chăn nuôi

MỞ ĐẦU

Chăn nuôi là một trong những sinh kế quan trọng, tuy nhiên nước thải chăn nuôi chưa được xử lý hiệu quả gây ra những ảnh hưởng nghiêm trọng đến môi trường nước. Nước thải chăn nuôi chứa nhiều thành phần hữu cơ, photpho, amoni và vi sinh vật. Hàm lượng amoni trong nước thải chăn nuôi tương đối cao, nếu không được xử lý trước khi xả thải sẽ gây ra hiện tượng phú dưỡng, ảnh hưởng đến chất lượng môi trường nước¹. Theo nghiên cứu của Vũ Thị Nguyệt² về nước thải sau quá trình xử lý yếm khí ở hầm biogas tại Trung tâm nghiên cứu lợn Thụy Phương (Tứ Liêm, Hà Nội) cho thấy hầu hết các mẫu nước thải đều có hàm lượng amoni vượt quá giới hạn cho phép, hàm lượng amoni dao động trong khoảng 744,59 – 1.114,24 mg/L. Nghiên cứu của Lê Chính Sỹ³ về hiện trạng nước thải chăn nuôi tại một số khu vực nông thôn Yên Định, tỉnh Thanh Hóa cho thấy các mẫu nước đều có hàm lượng amoni vượt quá giới hạn cho phép từ 2-2,7 lần, hàm lượng amoni trung bình là 300 – 410 mg/L. Tỉnh Bắc Ninh là một trong những khu vực có sinh kế chính là chăn nuôi, trong đó, nước thải chăn nuôi lợn chủ yếu được xử lý bằng hầm phân hủy

yếm khí (hầm biogas). Tuy nhiên, một số khu vực tại tỉnh Bắc Ninh như xã Giang Sơn, huyện Gia Bình hiện nay còn tồn tại mô hình xả thải trực tiếp ra ngoài môi trường hoặc mô hình đã xử lý qua hầm biogas với hệ thống thô sơ, xử lý chưa triệt để⁴. Với mô hình chăn nuôi này, chất lượng môi trường nước có thể bị ảnh hưởng và suy giảm, cần có thêm những giải pháp hiệu quả trong xử lý nước thải chăn nuôi.

Ở Việt Nam, vật liệu hấp phụ xử lý nước thải chăn nuôi đã được khảo sát gần đây như zeolit⁵, than sinh học⁶. Luukkonen và nnk⁷, Sanguanpak và nnk⁸ và Li và nnk⁹ đã khảo sát việc sử dụng geopolymer làm vật liệu xử lý ô nhiễm trong nước thải sinh hoạt và chăn nuôi tuy nhiên còn hạn chế ở Việt Nam. Sanguanpak và nnk⁸ đã kiểm tra khả năng xử lý amoni trong nước thải chăn nuôi lợn của vật liệu geopolymer tạo thành từ metakaolin với hiệu suất hấp phụ là 84% khi nồng độ amoni ban đầu là 75 mg/L.

Geopolymer được tạo thành từ quá trình hoạt hóa kiềm các vật liệu có nguồn gốc aluminosilicate bằng các dung dịch kiềm như NaOH, Na₂SiO₃¹⁰. Các vật liệu aluminosilicate phổ biến ở Việt Nam là tro bay, laterite và bentonite. Tro bay là các sản phẩm thải ra từ quá trình đốt cháy than của nhà máy nhiệt điện,

Trích dẫn bài báo này: Huyền N T K, Hoài T T, Hải N T, Thảo N T P, Dung T T. **Khảo Sát Khả Năng Hấp Phụ Amoni Của Các Vật Liệu Geopolymer Có Nguồn Gốc Từ Aluminosilicate Và Ứng Dụng Xử Lý Nước Thải Chăn Nuôi Tại Xã Giang Sơn, Huyện Gia Bình, Tỉnh Bắc Ninh.** *Sci. Tech. Dev. J. - Nat. Sci.* 2024; 7(S1):63-70.

có hàm lượng Si và Al khoảng 65 - 78%¹¹. Laterite là một khoáng tự nhiên có hàm lượng cao SiO₂, Al₂O₃ và Fe₂O₃, có cấu trúc xốp gồm nhiều lỗ rỗng có kích cỡ từ 200 – 600 nm, dễ hình thành tâm hấp phụ các hạt mang điện tích tạo nên khả năng hấp phụ¹². Bentonite là loại khoáng sét tự nhiên với thành phần chính là montmorillonit có hàm lượng cao Si và Al¹³. Geopolymer từ các vật liệu tro bay, laterite và bentonite có khả năng xử lý các chất ô nhiễm như kim loại nặng¹⁴, thuốc nhuộm^{9,15}, amoni^{5,16}. Tuy nhiên, nghiên cứu đánh giá và so sánh khả năng hấp phụ amoni của các vật liệu này còn hạn chế. Bài báo trình bày việc đánh giá hiện trạng môi trường nước xung quanh khu vực chăn nuôi xã Giang Sơn, huyện Gia Bình, tỉnh Bắc Ninh, hiệu quả xử lý amoni trong nước thải tại khu vực nghiên cứu và tiềm năng xử lý amoni trong nước thải khu vực nghiên cứu của các vật liệu geopolymer từ tro bay, laterite và bentonite.

PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Lấy mẫu và phân tích mẫu nước thải và nước mặt

Khảo sát thực địa và lấy 14 mẫu nước vào tháng 4 năm 2023, trong đó 8 mẫu nước thải tại các hộ gia đình chăn nuôi lợn và 6 mẫu nước mặt xung quanh khu vực chăn nuôi ở xã Giang Sơn, huyện Gia Bình, tỉnh Bắc Ninh nhằm đánh giá hiệu quả xử lý nước thải chăn nuôi và chất lượng nước mặt (Bảng 1). Quy trình lấy mẫu nước thải và nước mặt xung quanh khu vực chăn nuôi lần lượt được lấy theo TCVN 6663-1: 2011 và TCVN 6663-4:2016^{17,18}.

Phương pháp phân tích mẫu nước

Các mẫu nước sau khi lấy ngoài hiện trường cần được phân tích ngay khi lấy hoặc trong thời gian trong 24 giờ với điều kiện bảo quản mẫu theo TCVN 6663-3:2016¹⁹. Phân tích các chỉ tiêu pH, DO, BOD₅, COD, TSS, tổng N, tổng P và amoni tại Phòng Thí nghiệm Trọng điểm Địa môi trường và Ứng phó Biến đổi khí hậu, Khoa Địa chất, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên. Trong đó, các thông số pH, DO, TSS được tiến hành đo bằng máy U-50 Series Horiba trong điều kiện nhiệt độ và ánh sáng thích hợp tại phòng thí nghiệm; chỉ tiêu COD và BOD₅ được đo bằng máy quang phổ UV-VIS Hach DR6000. Đối với chỉ tiêu COD cần phá mẫu nước trong 2 giờ bằng thiết bị DRB 200, đưa ống mẫu sau khi đã công phá vào và chọn chương trình 435 COD HR của thiết bị DR 6000 để tiến hành đo. Hàm lượng tổng P, tổng N và NH₄⁺ được xác định bằng phương pháp phân tích tự động dòng liên tục SKALAR (SAN++, Hà Lan).

Chế tạo vật liệu geopolymer

Các vật liệu được biến tính geopolymer bao gồm tro bay từ nhà máy nhiệt điện Phả Lại, vụn đá ong laterite Thạch Thất và bentonite Di Linh. Các vật liệu này được biến tính với NaOH và Na₂SiO₃ dưới các điều kiện tương tự để có sự so sánh về khả năng xử lý amoni. Sử dụng 41,7g NaOH 96% pha với 100 mL nước cất, khuấy trộn dung dịch vừa pha với Na₂SiO₃ với tỉ lệ 1,0:1,5 theo khối lượng, thu được dung dịch kiểm. Cho lần lượt tro bay, laterit và bentonite với dung dịch kiểm với tỉ lệ 1,5:1,0 theo khối lượng và khuấy bằng máy khuấy trong 20 phút. Đổ hỗn hợp ra khuôn và để trong tủ sấy ở nhiệt độ 60°C trong vòng 48 giờ, sau đó nghiền về kích thước hạt mịn chảy qua rây lỗ sàng 0,25 mm. Các vật liệu sau khi biến tính được rửa nước cất về pH = 7 và sấy khô ở nhiệt độ 105 °C, sau đó được bảo quản trong túi zip trước khi tiến hành thí nghiệm hấp phụ.

Thí nghiệm hấp phụ amoni

Thí nghiệm hấp phụ của 03 vật liệu tro bay, laterite và bentonite thô và biến tính được thực hiện trong điều kiện hấp phụ ở nhiệt độ phòng với 0,25 g vật liệu hấp phụ trong 25 mL dung dịch NH₄⁺-N ở nồng độ 240 mg/L NH₄⁺-N được pha chế từ dung dịch chuẩn nồng độ 1000 mg/L và mẫu nước thải chăn nuôi lợn sau biogas tại hộ gia đình ở thôn Tiêu Xá, xã Giang Sơn, huyện Gia Bình, tỉnh Bắc Ninh có nồng độ tương ứng. Thí nghiệm hấp phụ được lắc trong vòng 24 giờ với tốc độ 160 vòng trên phút. Sau khi kết thúc thí nghiệm, mỗi vật liệu được lọc tách khỏi dung dịch. Nồng độ NH₄⁺-N ban đầu trong dung dịch và còn lại sau thí nghiệm hấp phụ được xác định bằng phương pháp phân tích tự động dòng liên tục SKALAR (SAN++, Hà Lan).

Từ kết quả phân tích, dung lượng hấp phụ và hiệu suất hấp phụ của ion NH₄⁺ của các vật liệu lần lượt được tính theo công thức (1) và (2):

$$Q_e = \frac{(C_0 - C_e)V}{m} \quad (1)$$

$$H\% = \frac{(C_0 - C_e)}{C_0} \times 100\% \quad (2)$$

Trong đó, Q_e là dung lượng hấp phụ (mg/g), C₀ và C_e lần lượt là nồng độ NH₄⁺-N tại thời điểm ban đầu và tại thời điểm 24 giờ (mg/L); m là khối lượng của vật liệu (g), V là thể tích dung dịch (L), H là hiệu suất hấp phụ (%).

Bảng 1: Đặc điểm và vị trí các mẫu nước thải và nước mặt

Nước thải trước biogas						
Kí hiệu	NT01	NT02	NT03	NT04		
Tên hộ gia đình	Nguyễn Văn Định	Hoàng Thị Thơm	Trần Văn Tuyển	Lê Thị Hoa		
Số lượng (con lợn)	10	12	8	8		
Đặc điểm	Nước thải được lấy ngay sau khi rửa chuồng nuôi và trước khi chảy xuống hầm biogas					
Nước thải sau biogas						
Kí hiệu	NT01B	NT02B	NT03B	NT04B		
Tên hộ gia đình	Nguyễn Văn Định	Hoàng Thị Thơm	Trần Văn Tuyển	Lê Thị Hoa		
Số lượng (con lợn)	10	12	8	8		
Thể tích bể chứa	12 m ³	8 m ³	10 m ³	12 m ³		
Đặc điểm	Nước thải được lấy sau khi xử lí qua hầm biogas					
Nước mặt						
Kí hiệu	NM01	NM02	NM03	NM04	NM05	NM06
Đặc điểm	Chỗ xả thải gần NT01	Chỗ xả thải gần NT02	Chỗ xả thải gần NT03	Chỗ xả thải gần NT04	Xa khu vực xả thải	Xa khu vực xả thải

KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Chất lượng nước thải chăn nuôi và hàm lượng amoni trong nước mặt

Kết quả phân tích các thông số trong mẫu nước thải chăn nuôi sau xử lý hầm biogas trong khu vực khảo sát cho thấy giá trị pH, TSS, BOD₅, COD, tổng N, P, NH₄⁺ có giá trị lần lượt là 9,14 - 9,57; 225 - 476 mg/L; 596 - 690 mg/L; 1041 - 1472 mg/L; 167,2 - 426,2 mg/L; 49,2 - 74,8 mg/L; 149,2 - 425,3 mg/L. Kết quả phân tích cho thấy hàm lượng trung bình của tất cả các thông số trên đều vượt mức quy định theo tiêu chuẩn QCVN 62-MT:2016/BTNMT²⁰. Cụ thể, thông số về chất rắn lơ lửng TSS vượt 2,47 lần và tổng N vượt 1,62 lần. Đặc biệt hàm lượng trung bình BOD₅ vượt chuẩn 5,39 lần và COD vượt 3,26 lần so với tiêu chuẩn ghi trong QCVN 62-MT:2016/BTNMT²⁰. Hàm lượng cao các thông số môi trường vượt quy chuẩn của nước thải chăn nuôi trong khu vực nghiên cứu cần có thêm các biện pháp xử lý hiệu quả trước khi thải ra môi trường.

Trong các thông số trên, giá trị amoni và tổng N trong mẫu nước thải tại các điểm trên khác nhau không đáng kể chỉ ra hàm lượng N trong nước mặt chủ

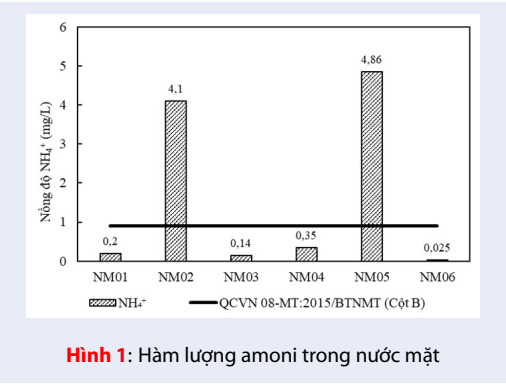
yếu dưới dạng NH₄⁺. 05/06 mẫu nước mặt xung quanh khu vực chăn nuôi đã được kiểm tra hàm lượng NH₄⁺, kết quả thể hiện trong Hình 1. Có thể thấy rằng 03/05 mẫu có hàm lượng NH₄⁺ trong tiêu chuẩn QCVN 08-MT:2015/BTNMT theo cột B. Tuy nhiên, mẫu nước mặt tại điểm NM02 và NM05 có hàm lượng NH₄⁺ tương đối cao là 4,1 mg/L và 4,86 mg/L vượt giá trị ngưỡng chuẩn trong QCVN 08-MT:2015/BTNMT²¹. Tại điểm NM02, điểm lấy mẫu gần ngay điểm xả thải NT02 hộ gia đình bà Nguyễn Thị Thơm với tổng số lợn chăn nuôi gồm 12 con vật nuôi, tuy nhiên thể tích hầm biogas tương đối nhỏ 8 m³, vì vậy có thể hiệu quả xử lý nước thải chưa được triệt để, ảnh hưởng đến nguồn nước mặt tại khu vực khảo sát.

Khả năng hấp phụ amoni của vật liệu geopolimer

Dung lượng và hiệu suất hấp phụ của tro bay, laterite, bentonite thô và biến tính sử dụng dung dịch amoni pha trong phòng thí nghiệm được thể hiện trong Hình 2. Có thể thấy rằng dung lượng và hiệu suất hấp phụ của các vật liệu thô bao gồm tro bay, laterite, bentonite ở mức thấp chỉ đạt lần lượt là 0,19

Bảng 2: Chất lượng nước thải chăn nuôi sau khi xử lý hầm biogas

TT	Thông số	Đơn vị	Khoảng giá trị	Trung bình	QCVN MT:2016 /BTNMT	62-
1	pH	-	9,14 - 9,57	9,31±0,16	5,5-9	
2	TSS	mg/L	225 - 476	370,66±66,21	150	
3	BOD ₅	mg/L	596 - 690	539,16±172,70	100	
4	COD	mg/L	1041 - 1472	979,33±453,29	300	
5	Tổng N	mg/L	167,2 - 426,2	242,63±108,92	150	
6	Tổng P	mg/L	49,2 - 74,8	64,85±9,31	-	
7	NH ₄ ⁺	mg/L	149,2- 425,3	241,01±109,12	150	



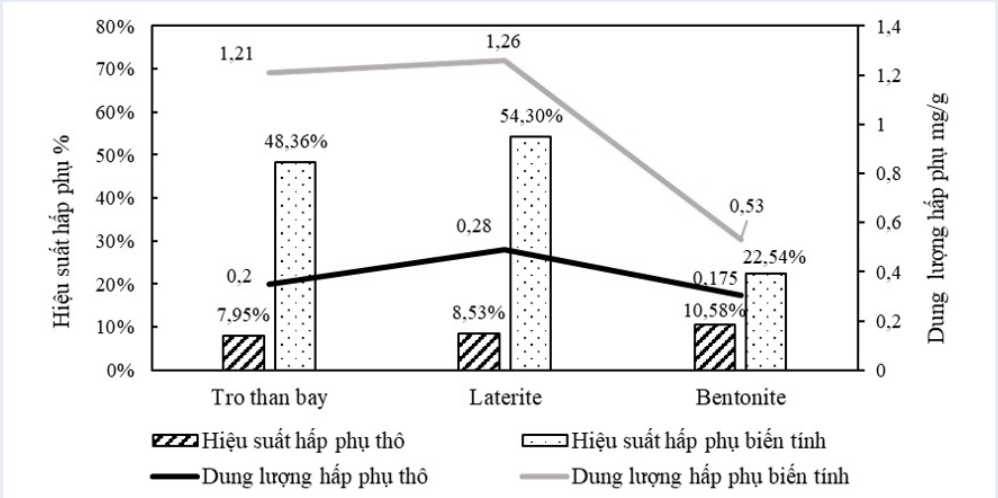
Hình 1: Hàm lượng amoni trong nước mặt

mg/g và 8,53%; 0,28 mg/g và 10,54%; 0,175 mg/g và 7,95%. Sau khi biến tính bằng dung dịch NaOH và Na₂SiO₃, dung lượng và hiệu suất hấp phụ amoni của các vật liệu này tăng đáng kể. Trong đó, hiệu suất xử lý của tro bay, laterite và bentonite biến tính lần lượt tăng 5,7; 5,2 và 2,8 lần so với các vật liệu thô. Điều này có thể giải thích khi vật liệu khoáng silicate được hoạt hóa kiềm, aluminat và silicate trong vật liệu khoáng hòa tan dưới điều kiện kiềm. Sau đó, cấu trúc tứ diện Al và Si trong vật liệu khoáng đồng lại, các điện tích âm từ cấu trúc tứ diện này cần được cân bằng bởi các cation, khi được sử dụng trong dung dịch amoni, các ion NH₄⁺ được hấp phụ bởi các điện tích âm¹⁴. Hiệu suất và dung lượng hấp phụ của vật liệu laterite biến tính đạt cao nhất là 54,3% và 1,26 mg/g. Dung lượng hấp phụ của các vật liệu trên đã được so sánh với một số vật liệu như than sinh học, than hoạt tính, than tre và zeolite trong một số công bố trước đó (Bảng 3). Có thể thấy rằng, vật liệu geopolymere từ các aluminosilicate tuy có dung lượng hấp phụ amoni thấp hơn zeolite, tuy nhiên cao hơn so với một số loại than sinh học mùn cưa, cây sậy, than hoạt tính từ vỏ dừa, than tre. Đặc biệt, geopolymere từ laterite có dung lượng hấp phụ amoni cao hơn, gấp 2,3 lần so với than

sinh học mùn cưa khi có cùng tỉ lệ vật liệu hấp phụ, dung dịch amoni².

Hiệu quả xử lý amoni trong nước thải sau khi sử dụng hầm biogas và vật liệu geopolymere

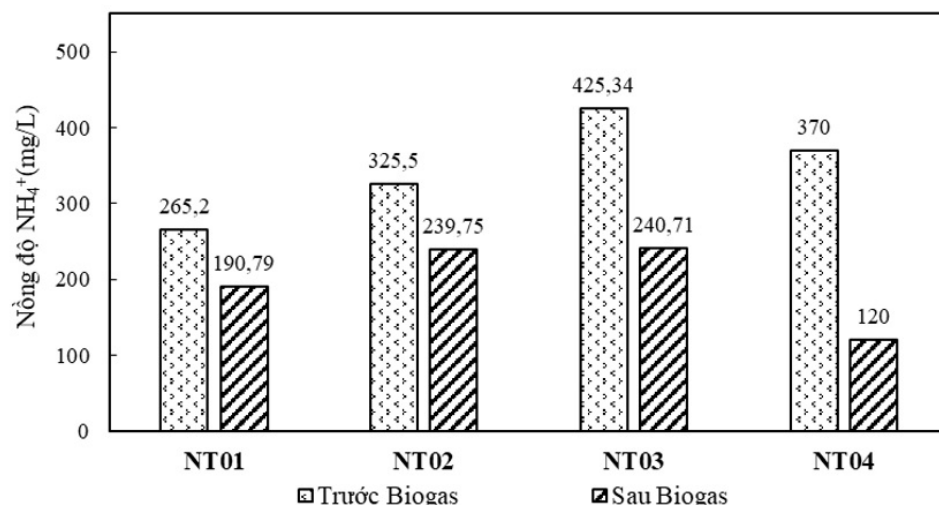
Hàm lượng amoni trong nước thải trước khi qua hầm biogas trong khu vực nghiên cứu dao động từ 265,2 – 425,34 mg/L (Hình 3). Sau khi qua hầm biogas, hiệu suất xử lý amoni đạt được từ 26,3% đến 67,6%. Trong đó, hàm lượng NH₄⁺ giảm nhiều nhất tại điểm NT03 và NT04 lần lượt từ 425,34 mg/L xuống 240,71mg/L và 370 mg/L xuống 120 mg/L. Hình 4 thể hiện hiệu suất và dung lượng hấp phụ amoni của vật liệu geopolymere từ tro bay, laterite và bentonite biến tính sử dụng dung dịch nước thải sau biogas. Kết quả cho thấy hiệu suất và dung lượng hấp phụ amoni của các vật liệu này giảm so với sử dụng dung dịch amoni tự pha trong phòng thí nghiệm. Điều này có thể lý giải do trong nước thải ngoài NH₄⁺, các nguyên tố cạnh tranh khác với amoni chiếm chỗ trong vật liệu hấp phụ như Ca, K, Na hay kim loại nặng khác. Có thể thấy rằng vật liệu laterite có hiệu suất hấp phụ cao nhất so với tro bay và bentonite trong nước thải tương tự với dung dịch amoni tự pha trong phòng thí nghiệm. Sau khi xử lý qua hầm biogas với hiệu suất xử lý đạt 67,6%, amoni trong nước thải sau biogas tiếp tục được xử lý bằng vật liệu hấp phụ geopolymere từ laterite, hiệu suất giảm thêm 36,07% và giảm 25,82% khi xử lý bằng vật liệu hấp phụ geopolymere từ bentonite. Hàm lượng amoni sau khi xử lý kết hợp hầm biogas và vật liệu geopolymere từ laterite đã nằm trong ngưỡng giới hạn trong QCVN 62-MT:2016/BTNMT²⁰ (Hình 5). Nghiên cứu này nhằm đánh giá và so sánh khả năng hấp phụ amoni của các vật liệu geopolymere biến tính từ các aluminosilicate



Hình 2: Dung lượng và hiệu suất hấp phụ NH_4^+ của các vật liệu geopolimer với dung dịch amoni tự pha trong phòng thí nghiệm

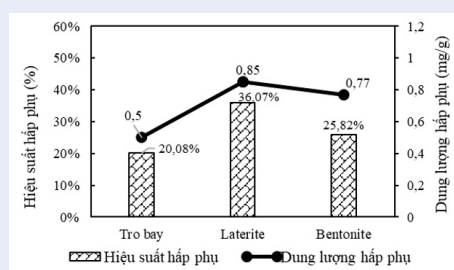
Bảng 3: So sánh khả năng xử lý NH_4^+ của các vật liệu

Vật liệu	Điều kiện thí nghiệm					Nguồn tài liệu
	Tỷ lệ rắn lỏng (g/L)	pH	Nồng độ $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ban đầu (mg/L)	Dung lượng hấp phụ tại thời điểm cân bằng (mg/g)		
Geopolymer từ tro bay	10	7	240	1,21		Nghiên cứu này
Geopolymer từ laterite	10	7	240	1,26		Nghiên cứu này
Geopolymer từ bentonite	10	7	240	0,53		Nghiên cứu này
Than sinh học mùn cưa	10	5	20	0,55		22
Than hoạt tính thương mại từ vỏ dừa	20	-	10	0,1		23
Than tre (bamboo charcoal)	6,7	-	-	0,85		10
Than sinh học từ cây sậy	20	7	2mM	0,51		24
Zeolite	24	8	80	2,78		25
Vật liệu EBB cải tiến	150	6	50	0,255		26
Than sinh học từ tre	1	8	50	4,87 (cực đại)		27



Hình 3: Hiệu quả xử lý amoni sau khi sử dụng hầm biogas

khác nhau. Cần có thêm các dữ liệu về đặc tính vật liệu và thí nghiệm hấp phụ dưới các điều kiện khác nhau để có thể luận giải cơ chế hấp phụ của từng vật liệu trên.

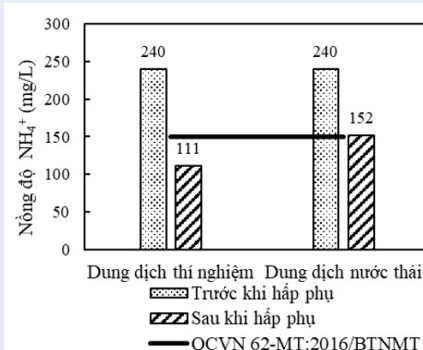


Hình 4: Hiệu suất hấp phụ của các vật liệu trong nước thải chăn nuôi

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Bài báo trình bày việc đánh giá hiện trạng nước thải và nước mặt, hiệu quả xử lý amoni qua hầm biogas khu vực chăn nuôi xã Giang Sơn, huyện Gia Bình, tỉnh Bắc Ninh. Ngoài ra, nghiên cứu chế tạo, so sánh và đánh giá khả năng hấp phụ amoni của các vật liệu geopolymer biến tính từ các aluminosilicate bao gồm tro bay, laterite và bentonite, ứng dụng cho xử lý nước thải chăn nuôi trong khu vực nghiên cứu.

Chất lượng nước thải trước và sau khi xử lý biogas đều chưa đạt chuẩn để xả thải ra ngoài môi trường. Kết quả phân tích cho thấy hàm lượng trung bình của các chỉ tiêu COD, TSS và NH_4^+ sau khi xử lý qua



Hình 5: Hàm lượng amoni sau khi xử lý bằng vật liệu geopolymer

biogas đều vượt cho phép tiêu chuẩn của QCVN 62-MT:2016/BTNMT. Hiệu quả xử lý nước thải qua hầm biogas khác nhau cho từng chỉ tiêu và từng hộ gia đình, đạt trong khoảng 5,55-87,2%. Các chỉ tiêu DO, TSS, BOD_5 , COD, NH_4^+ trong nước mặt khu vực chăn nuôi đều vượt giới hạn cho phép trong QCVN 08-MT:2015/BTNMT.

Các vật liệu tro bay, laterite và bentonite biến tính có khả năng xử lý amoni cao hơn nhiều lần so với vật liệu thô. Trong ba loại vật liệu đánh giá, vật liệu laterite biến tính có khả năng xử lý amoni tốt nhất với dung lượng và hiệu suất hấp phụ lần lượt là 1,26 mg/g và 53,4% khi sử dụng dung dịch thí nghiệm amoni. Khi sử dụng dung dịch nước thải, dung lượng và hiệu suất hấp phụ amoni giảm dần do có sự cạnh tranh ion từ dung dịch nước thải. Geopolymer từ laterite đã xử lý

amoni trong nước thải sau hầm biogas về giới hạn cho phép theo QCVN 62-MT:2016/BTNMT. Cần có thêm các nghiên cứu về điều kiện thí nghiệm khác nhau và đặc tính vật liệu để tìm ra điều kiện tối ưu cho khả năng xử lý amoni của các vật liệu này và luận giải cơ chế hấp phụ của chúng.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ kinh phí từ đề tài Khoa học công nghệ Đại học Quốc gia Hà Nội năm 2024, mã số QG.24.09.

XUNG ĐỘT LỢI ÍCH

Các tác giả đồng ý không có bất kỳ xung đột lợi ích nào liên quan đến các kết quả đã công bố.

ĐÓNG GÓP CỦA TÁC GIẢ

Nguyễn Thị Khánh Huyền thực hiện các thí nghiệm, thu thập, xử lý các dữ liệu và viết bản thảo. Tạ Thị Hoài đóng góp định hướng, lên kế hoạch nghiên cứu, viết và chỉnh sửa bản thảo. Nguyễn Thị Hải hỗ trợ xử lý các dữ liệu trình tự. Nguyễn Thiên Phương Thảo và Trần Thị Dung góp phần thảo luận các kết quả nghiên cứu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Trường Quân. Nghiên cứu áp dụng và mô hình hóa công nghệ UASB cải tiến trong xử lý nước thải chăn nuôi lợn. *Tạp chí Khoa học*. 2021;58(3A):211–232.
2. Nguyệt VT, Tuấn TTV, and NKT. Nghiên cứu ứng dụng hệ thống thực vật nổi trồng bèo tây để xử lý nitơ và photpho trong nước thải chăn nuôi lợn sau công nghệ biogas. *Acad J Biol*. 2015;37(1):53–62.
3. Chính LS, Phạm A, Đỗ Hùng, Hùng P. Ảnh hưởng của tỷ lệ hồi lưu đến hiệu quả xử lý nước thải chăn nuôi lợn sau khi xử lý biogas bằng phương pháp lọc sinh học kết hợp sục khí luân phiên. *Tạp chí KH ĐHQGHN: Các Khoa học Trái Đất và Môi Trường*. 2018;34:25–32.
4. UBND Xã Giang Sơn; 2022.
5. Tâm LV. Hấp phụ amoni trong nước thải bằng zeolite A tổng hợp từ tro bay than. *Dương Công Thịnh, Nguyễn Thành Trí, Nguyễn Thị Xuân Hồng, Phạm Hồng Nhật*. 2022;p. 12–2022.
6. Trần Thị Thu Hương, Nguyễn Xuân Tông, Trịnh Thị Hải Yến, Tô Thị Hằng, Đặng Thị Thanh Huyền, Vũ Thị Thùy Linh, Nguyễn Thị Phương, Đinh Thu Thủy. Nghiên cứu sử dụng than sinh học tổng hợp từ bã cà phê để xử lý ô nhiễm trong nước thải chăn nuôi. *Tạp chí KHKT Môi-Địa Chất*. 2020;61(5):135–44.
7. Luukkonen T, Věžníková K, Tolonen ET, Runtti H, Yliniemi J, Hu T, et al. Removal of ammonium from municipal wastewater with powdered and granulated metakaolin geopolymer. *Environ Technol*. 2018;39(4):414–23.
8. Sanguanpak S, Wannagon A, Saengam C, Chiemchaisri W, Chiemchaisri C. Porous metakaolin-based geopolymer granules for removal of ammonium in aqueous solution and anaerobically pretreated piggery wastewater. *J Clean Prod*. 2021;297:126643.

9. Li S, Xu D, Wu D, Howard A. Characteristic of geopolymer modified by MgO and its adsorption capacity of phosphate and ammonium ions from swine wastewater. *Process Saf Environ Prot*. 2024;182:1130–42.
10. Davidovits J. Soft mineralurgy and geopolymers. *Proc Geopolymers*. 1988;88.
11. Koshy N, Singh D, Jha N, Kadali B, Patil J. Characterization of Na and Ca zeolites synthesized by various hydrothermal treatments of fly ash. *Adv Civ Eng Mater*. 2015;131–43.
12. Nguyễn Quang Phú, Nguyễn Thành Lệ. Nghiên cứu sử dụng cát biển, kết hợp tro bay và xỉ lò cao, chế tạo bê tông geopolymer ứng dụng cho các công trình thủy lợi. *Tạp chí KHCN Xây dựng*. 2021;3.
13. Trịnh Xuân Đại. Nghiên cứu biến tính than hoạt tính là vật liệu hấp phụ xử lý amoni và kim loại nặng trong nước [luận văn thạc sĩ]. Hà Nội: Trường ĐH KHTN; 2009.
14. Al-Harashsheh MS, Al Zboon K, Al-Makhadmeh L, Hararah M, Mahasneh M. Fly ash based geopolymer for heavy metal removal: A case study on copper removal. *J Environ Chem Eng*. 2015;3(3):1669–77.
15. Ghani U, Hussain S, Imtiaz M, Khan SA. Laterite clay-based geopolymer as a potential adsorbent for the heavy metals removal from aqueous solutions. *J Saudi Chem Soc*. 2020;24(11):874–84.
16. Salam MA, Mokhtar M, Albukhari SM, Baamer DF, Palmisano L, AlHammadi AA, Abukhadra MR. Synthesis of zeolite/geopolymer composite for enhanced sequestration of phosphate (PO₄) and ammonium (NH₄) ions; equilibrium properties and realistic study. *J Environ Manage*. 2021;300:113723.
17. TCVN 6663-1:2011 (ISO 5667-1:2006). Tiêu chuẩn quốc gia về chất lượng nước - Phần 1: Hướng dẫn lập chương trình lấy mẫu và kỹ thuật lấy mẫu nước thải.
18. TCVN 6663-4:2016 (ISO 5667-4:2014). Tiêu chuẩn quốc gia về chất lượng nước - Lấy mẫu - Phần 4: Hướng dẫn lấy mẫu nước ao hồ tự nhiên và nhân tạo.
19. TCVN 6663-3:2016. Tiêu chuẩn quốc gia về chất lượng nước - Lấy mẫu - Phần 3: Hướng dẫn bảo quản và xử lý mẫu.
20. Bộ TN&MT. QCVN 62-MT:2016/BTNMT – Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước thải chăn nuôi.
21. Bộ TN&MT. QCVN 08-MT:2015/BTNMT – Cột B: Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước mặt.
22. Begum SA, Golam Hyder AHM, Hicklen Q, Crocker T, Oni B. Adsorption characteristics of ammonium onto biochar from an aqueous solution. *J Water Supply Res Technol Aqua*. 2021;70(1):113–22.
23. Salim NAA, Puteh MH, Khamidun MH, Fulazzaky MA, Abdullah NH, Yusoff ARM, Nuid M. Interpretation of isotherm models for adsorption of ammonium onto granular activated carbon. *Biointerface Res Appl Chem*. 2021;11:9227–41.
24. Hou J, Huang L, Yang Z, Zhao Y, Deng C, Chen Y, Li X. Adsorption of ammonium on biochar prepared from giant reed. *Environ Sci Pollut Res*. 2016;23:19107–15.
25. Huang H, Xiao X, Yan B, Yang L. Ammonium removal from aqueous solutions by using natural Chinese (Chende) zeolite as adsorbent. *J Hazard Mater*. 2010;175(1–3):247–52.
26. Hoàng Lương, Trịnh Văn Tuyên, Nguyễn Tuấn Minh, Tăng Thị Chính, Đặng Thanh Tú, Nguyễn Thị Diễm, Ngô Đạt Trung. Xác định hiệu quả hấp phụ amoni của vật liệu EBB cải tiến. *KHKT & CN*. 2018;61(1):69–72.
27. Phạm Ngọc Thoa, Tăng Lê Hoài Ngân, Nguyễn Hữu Chiêm. Nghiên cứu khả năng hấp phụ amoni trong nước thải biogas của than sinh học từ tre. *Tạp chí khoa học Tài nguyên và Môi trường*. 2021;37, 26–36.

Study on the ammonium adsorption capacity of aluminosilicate-based geopolymer for livestock wastewater treatment at Giang Son Commune, Gia Binh District, Bac Ninh Province

Nguyen Thi Khanh Huyen¹, Ta Thi Hoai^{2,3,*}, Nguyen Thi Hai^{2,3}, Nguyen Thien Phuong Thao³, Tran Thi Dung³

ABSTRACT

Effective wastewater treatment before discharging into the surrounding environment is one of the significant stages in production activities for economic development and environmental protection. This paper presented the evaluation and comparison of the ammonium adsorption capacity of geopolymers modified from aluminosilicate materials including fly ash, laterite, and bentonite for livestock wastewater treatment at Giang Son Commune, Gia Binh District, Bac Ninh Province. The obtained results showed that the raw fly ash, laterite, and bentonite possessed low adsorption capacity and efficiency with values of 0.19 mg/g, 8.53%; 0.28 mg/g, 10.54%; and 0.175 mg/g, 7.95%, respectively. After modification with NaOH and Na₂SiO₃ solutions, the NH₄⁺ adsorption efficiency of these materials increased approximately 6.4 times. Among them, the laterite-based geopolymer showed the highest ammonium adsorption capacity and efficiency of 1.26 mg/g and 54.3%, respectively. In addition, ammonium concentration in the livestock wastewater after biogas digester treatment was 120-241 mg/L with an average value 1.26 times higher than the limited value in the QCVN 62-MT:2016/BTNMT. The geopolymer from laterite removed NH₄⁺ in the livestock wastewater after biogas to the limited value in QCVN 62-MT:2016/BTNMT. Further studies with different experimental conditions should be conducted to determine the optimal conditions for the ammonium adsorption capacity of these geopolymer materials.

Key words: adsorption, ammonium, geopolymer, aluminosilicate, livestock wastewater

¹Vietnam Japan University, Vietnam National University, Hanoi, Vietnam

²VNU Key Laboratory of Geoenvironment and Climate Change Response, Faculty of Geology, University of Science, Vietnam National University, Hanoi, Vietnam

³Faculty of Geology, University of Science, Vietnam National University, Hanoi, Vietnam

Correspondence

Ta Thi Hoai, VNU Key Laboratory of Geoenvironment and Climate Change Response, Faculty of Geology, University of Science, Vietnam National University, Hanoi, Vietnam

Faculty of Geology, University of Science, Vietnam National University, Hanoi, Vietnam

Email: hoaitt@hus.edu.vn

History

- Received:
- Accepted:
- Published Online: 31-12-2024

DOI :10.32508/stdjns.v7iS1.1358



Cite this article : Huyen N T K, Hoai T T, Hai N T, Thao N T P, Dung T T. **Study on the ammonium adsorption capacity of aluminosilicate-based geopolymer for livestock wastewater treatment at Gi-ang Son Commune, Gia Binh District, Bac Ninh Province.** *Sci. Tech. Dev. J. - Nat. Sci.* 2024; 7(S1):63-70.