

## Hấp phụ amoni trong nước thải bằng zeolite A tổng hợp từ tro bay than

Lê Văn Tâm<sup>1\*</sup>, Dương Công Thịnh<sup>2</sup>, Nguyễn Thành Trí<sup>1</sup>,  
Nguyễn Thị Xuân Hồng<sup>1</sup>, Phạm Hồng Nhật<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Viện Nhiệt đới Môi trường/Viện Khoa học và Công nghệ quân sự;

<sup>2</sup>Khoa Y tế Công cộng, Trường Đại học Y khoa Phạm Ngọc Thạch.

\*Email: tamvndmt@gmail.com

Nhận bài: 01/11/2022; Hoàn thiện: 15/11/2022; Chấp nhận đăng: 14/12/2022; Xuất bản: 20/12/2022.

DOI: <https://doi.org/10.54939/1859-1043.j.mst.VITTEP.2022.178-184>

### TÓM TẮT

Tro bay loại F từ nhà máy nhiệt điện Duyên Hải ở Việt Nam được sử dụng để tổng hợp zeolite A nhằm hấp phụ amoni trong nước thải. Zeolite A có cấu trúc hình khối được tổng hợp từ tro bay than bằng phương pháp thủy nhiệt với sự hỗ trợ của sóng siêu âm. Vật liệu này được phân tích đặc trưng bởi XRD, SEM để nghiên cứu về hình thái và tinh thể. Tính chất hấp phụ của ion amoni ( $NH_4^+$ ) từ môi trường nước lên zeolite A được khảo sát dưới dạng hàm của các thông số như thời gian cân bằng, nồng độ  $NH_4^+$  ban đầu, lượng zeolite được sử dụng. Zeolite A tổng hợp được cho thấy tốc độ hấp phụ nhanh và dung lượng hấp phụ cao, cho thấy đây là vật liệu tiềm năng để xử lý các chất ô nhiễm  $NH_4^+$  từ nước thải, đặc biệt ở các giai đoạn xử lý nâng cao amoni. Nghiên cứu cho thấy quá trình hấp phụ tuân theo đồng thời đường đẳng nhiệt hấp phụ Langmuir và Freundlich.

**Từ khóa:** Tro bay; Zeolite A; Hấp phụ; Siêu âm;  $NH_4^+$ .

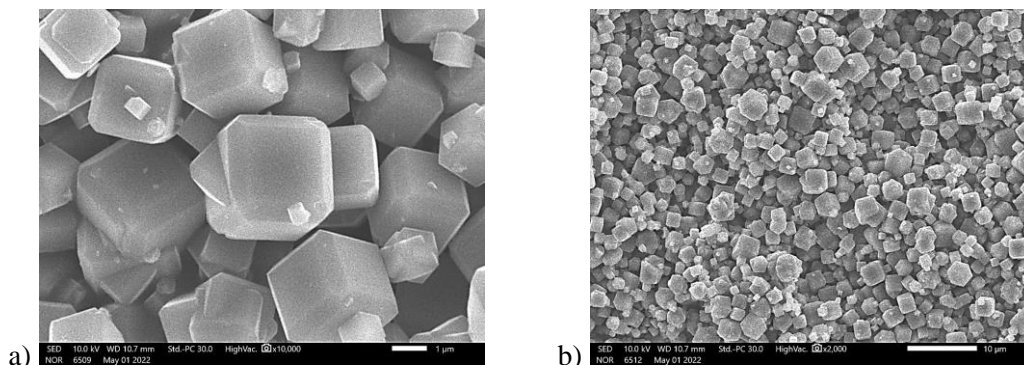
### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Zeolite A là một trong nhiều loại zeolite được tổng hợp từ tro bay nhiệt điện than, có nhiều ứng dụng trong công nghiệp như làm chất phụ gia trong bột giặt, chất hấp phụ trong xử lý môi trường, chất hút ẩm, hoặc rây phân tử,... Trong đó, khả năng hấp phụ của zeolite A được ứng dụng nhiều trong xử lý các chất ô nhiễm trong ao nuôi, xử lý các kim loại nặng (KLN) và  $NH_4^+$  trong nước thải [4].

Tại Việt Nam, amoni trong nước thải sinh hoạt khoảng từ 28-34 mg/L trong khi QCVN 14:2008/BTNMT, cột A quy định nồng độ amoni (tính theo N) trong nước thải sau xử lý tối đa 5 mg/L. Nước thải từ các bệnh viện chứa hàm lượng amoni đặc trưng từ 15-30 mg/L, trong khi QCVN 28:2010/BTNMT quy định giới hạn xả thải cơ sở đối với amoni là 5 mg/L (cột A) và 10 mg/L (cột B). Nước thải từ nhiều cụm công nghiệp tại Hà Nội có nồng độ từ 40-50 mg/L. Đặc biệt, amoni trong nước thải ngành công nghiệp giấy và bột giấy vượt 84 lần tiêu chuẩn cho phép. Ngoài ra, nguồn nước thải chứa nhiều amoni phát sinh từ trang trại chăn nuôi nông nghiệp và một số ngành công nghiệp như sản xuất phân bón tổng hợp, mạ điện, hoàn thiện bề mặt, tổng hợp acrylonitrile, thuộc da, sản xuất bột ngọt,... [2, 3].

Hiện nay, có nhiều phương pháp để xử lý amoni như phương pháp sinh học, phương pháp clo hóa, phương pháp tách khí, phương pháp trao đổi ion. Tùy theo từng nguồn ô nhiễm và hàm lượng amoni có trong nước thải, ta có thể chọn một trong các phương pháp hoặc phối hợp nhiều phương pháp xử lý đã nêu trên [2, 3]. Trong đó, phương pháp trao đổi ion cho thấy đặc biệt phù hợp với các nguồn nước thải khó áp dụng phương pháp sinh học, hoặc các nguồn thải có lưu lượng nhỏ, đòi hỏi chất lượng nước thải sau xử lý cao.

Trong nghiên cứu này, zeolite A sau khi được tổng hợp thành công từ tro bay nhiệt điện than Duyên Hải đã được sử dụng để khảo sát các đặc trưng của loại vật liệu này nhằm đánh giá khả năng ứng dụng trong xử lý amoni trong nước thải [7].



**Hình 1.** Ảnh chụp SEM của zeolite A tổng hợp được:  
a) Phóng đại 10.000 lần; b) Phóng đại 2.000 lần [7].

## 2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

### 2.1. Vật liệu

Mẫu nước thải nhân tạo được pha từ các hóa chất loại Analytical grade ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{NiCl}_2$  và  $\text{ZnCl}_2$ ). Với đối tượng nghiên cứu là các nguồn nước thải khó áp dụng phương pháp sinh học, hoặc các nguồn thải có lưu lượng nhỏ, đòi hỏi chất lượng nước thải sau xử lý cao, nghiên cứu chọn dãy nồng độ nghiên cứu của  $\text{NH}_4^+$  ở dãy nồng độ thấp ( $\leq 50$  mg/L  $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ) với mục tiêu đảm bảo nước thải sau xử lý đạt cột A của các quy chuẩn hiện hành như QCVN 40:2011/BTNMT, QCVN 14:2008/BTNMT (nồng độ  $\text{NH}_4^+\text{-N} \leq 5$  mg/L).

Ảnh hưởng của các KLN đối với quá trình xử lý  $\text{NH}_4^+$  sẽ được nghiên cứu với nồng độ kim loại ở dãy phổ biến của các nhà máy xi măng ( $\leq 10$  mg/L). Dãy nồng độ KLN  $> 10$  mg/L không được sử dụng trong nghiên cứu do chúng thường được tiền xử lý bằng các phương pháp hóa học, hóa lý nhằm giảm nồng độ các KLN này trước khi vào bước xử lý nâng cao bằng phương pháp trao đổi ion.

Zeolite A tổng hợp từ tro bay nhà máy nhiệt điện than tại Việt Nam theo quy trình tiêu chuẩn 02 giai đoạn được sử dụng để khảo sát trong nghiên cứu này [7].

### 2.2. Thiết kế thí nghiệm

Mô hình thí nghiệm dạng mẻ với các thông số cơ bản của mô hình như sau:

- Công suất: 100 – 200 mL/mẻ
- Tốc độ khuấy: 200 vòng/phút.
- Lọc bằng máy hút chân không, giấy lọc sợi thủy tinh 0,6  $\mu\text{m}$ .

Thí nghiệm xác định thời gian tiếp xúc tối ưu là cần thiết trước khi xây dựng đường đẳng nhiệt hấp phụ. Từ đường đẳng nhiệt hấp phụ có thể xác định các yếu tố liên quan khác như nồng độ chất hấp phụ cần thiết, hiệu quả hấp phụ, dung lượng hấp phụ, nồng độ chất ô nhiễm sau hấp phụ do các yếu tố này đều có liên quan mật thiết với nhau. Nghiên cứu hấp phụ các chất ô nhiễm lên zeolite thực hiện ở pH tự nhiên và ở nhiệt độ môi trường xung quanh. Chất hấp phụ là zeolite có tốc độ hấp phụ nhanh nên thời gian khảo sát chỉ cần giới hạn trong 30 phút. Để đạt được mục tiêu nghiên cứu đề ra, các thí nghiệm sau đã được thực hiện:

- Thí nghiệm 1: Xác định thời gian đạt cân bằng (thời gian tiếp xúc tối ưu).
- Thí nghiệm 2: Xây dựng đường đẳng nhiệt hấp phụ.
- Thí nghiệm 3: Xác định ảnh hưởng của các cation cạnh tranh.

### 2.3. Phương pháp phân tích và xử lý số liệu

Xác định hàm lượng  $\text{NH}_4^+$  bằng phương pháp so màu với thuốc thử Nessler theo TCVN 6179-1:1996. Hàm lượng các kim loại nặng trong mẫu nước thải được xác định bằng phương

pháp khối phổ nguyên tử (ICP-MS) theo phương pháp SMEWW: 3125B: 2017. Số liệu trình bày trong nghiên cứu này là giá trị trung bình của 03 lần đo lặp lại.

Để đánh giá số liệu thí nghiệm phù hợp với đường đẳng nhiệt hấp phụ Langmuir hay Freundlich, ta tiến hành tuyến tính hóa các đường đẳng nhiệt.

Đường đẳng nhiệt Langmuir có công thức như sau:

$$q = q_{\max} \frac{K_{Lang} C}{1 + K_{Lang} C} \quad (1)$$

Trong đó:

- $q_{\max}$ : Khả năng hấp phụ tối đa của chất hấp phụ (mg/g).
- $K_{Lang}$ : Thông số mô tả ái lực của chất được hấp phụ đối với chất hấp phụ (L/mg).

Để tìm  $q_{\max}$  và  $K_{Lang}$ , cần tuyến tính hóa đường đẳng nhiệt Langmuir thành:

$$\frac{1}{q} = \frac{1}{q_{\max} K_{Lang} c} + \frac{1}{q_{\max}} \quad (2)$$

Đường đẳng nhiệt Freundlich có công thức như sau:

$$q = Kc^n \text{ hoặc } q = Kc^{1/n} \quad (3)$$

Trong đó:

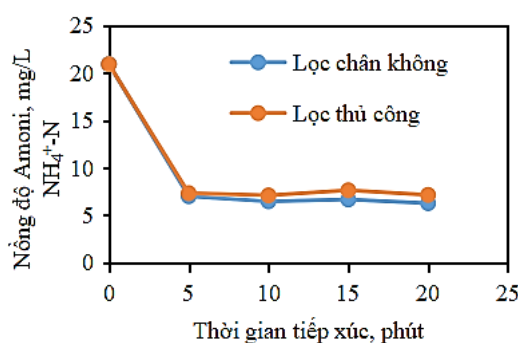
- $K$ : Chỉ số ái lực trung bình của toàn bộ bề mặt chất hấp phụ đối với chất được hấp phụ ( $\text{mg}^{1-1/n} \text{L}^{1/n} \text{g}^{-1}$ ).
- $(1/n)$  hay  $(n)$ : Phản ánh sự phân bố của ái lực của bề mặt chất hấp phụ lên chất được hấp phụ (không thứ nguyên).

Để tìm  $K$  và  $(1/n)$ , cần tuyến tính hóa đường đẳng nhiệt Freundlich thành:

$$\log q = \log K + \frac{1}{n} \log c \quad (4)$$

### 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1. Xác định thời gian cân bằng



**Hình 2.** Thời gian đạt cân bằng hấp phụ  $\text{NH}_4^+$  lên zeolite A.

Kết quả cho thấy đối với dung dịch  $\text{NH}_4^+$  có nồng độ ban đầu  $c_0 = 20 \text{ mg/L NH}_4^+\text{-N}$ , sử dụng chất hấp phụ trong dung dịch với nồng độ  $C_{\text{chất hấp phụ}} = 200 \text{ mg/50 mL}$  đạt cân bằng trong khoảng 5 phút và nồng độ  $\text{NH}_4^+$  còn lại trong dung dịch  $c \approx 6,26 \text{ mg/L NH}_4^+\text{-N}$ . Quá trình hấp phụ có thể đạt cân bằng nhanh chóng do chất hấp phụ dạng bột có diện tích bề mặt riêng lớn và đường khuếch tán từ pha lỏng tới bề mặt chất hấp phụ ngắn. Ban đầu, các vị trí hấp phụ trên chất hấp phụ còn trống và gradient nồng độ chất ô nhiễm cao nên dẫn đến tốc độ hấp phụ rất cao. Trong

trường hợp của zeolite A, các vị trí hấp phụ là các vị trí có ion linh động  $\text{Na}^+$ . Tốc độ hấp phụ trong nghiên cứu này cao hơn so với kết quả nghiên cứu của Yafei Zhao, 2010 [11] (đạt cân bằng trong 15 phút,  $C_{\text{chất hấp phụ}} = 500 \text{ mg}/50 \text{ mL}$ ,  $c_0 = 100 \text{ mg/L NH}_4^+\text{-N}$ ,  $c \approx 20 \text{ mg/L NH}_4^+\text{-N}$ ). Đáng lưu ý là zeolite A do Yafei Zhao tổng hợp là từ khoáng sét halloysite mineral bằng phương pháp thủy nhiệt. M. Visa (2015) [9] sử dụng chất hấp phụ aluminosilicate để hấp phụ các KLN có nồng độ ban đầu  $C_{0\text{Cd}^{2+}}=0,560 \text{ mg/L}$ ,  $C_{0\text{Cu}^{2+}}=0,330 \text{ mg/L}$  and  $C_{0\text{Ni}^{2+}}=0,300 \text{ mg/L}$  với  $c_{\text{chất hấp phụ}}=100 \text{ mg}/50\text{mL}$  thì thời gian cân bằng cần đến 60 phút. Thời gian cân bằng kéo dài 60 phút trong nghiên cứu của M. Visa (2015) [9] có thể do bản chất của chất hấp phụ và một phần do gradient nồng độ chất ô nhiễm không cao. Năm 2013, Nguyễn Trần Hồng Phương [8] đã tổng hợp thành công zeolite 4A từ cao lanh Bình Phước bằng phương pháp thủy nhiệt, tuy nhiên, thời gian hấp phụ đạt cân bằng cần đến 3 giờ.

**3.2. Xây dựng đường đẳng nhiệt hấp phụ**

**Bảng 1.** Kết quả thí nghiệm cân bằng hấp phụ.

Mẫu	$C_{\text{chất hấp phụ}} \text{ (mg}/50\text{mL)}$	$C \text{ (mg/L NH}_4^+\text{-N)}$
1	0	20,26
2	25	10,23
3	50	6,30
4	100	3,77
5	150	2,37
6	200	1,78
7	300	1,46

**Bảng 2.** Kết quả xử lý số liệu xác định các cặp thông số ( $q$  và  $c$ ).

$q$	$c$	Langmuir		Freundlich	
		$y = 1/q$	$x = 1/C$	$y = \log q$	$x = \log C$
20,08	10	0,05	0,10	1,30	1,01
13,97	6	0,07	0,16	1,15	0,80
8,25	4	0,12	0,27	0,92	0,58
5,96	2	0,17	0,42	0,78	0,37
4,62	2	0,22	0,56	0,66	0,25
3,13	1	0,32	0,68	0,50	0,17

Phương trình tuyến tính đường đẳng nhiệt Langmuir được xác định trong phương trình (5):

$$y = 0,4262x + 0,0023 \tag{5}$$

Từ phương trình (5), ta xác định được:

$$\frac{1}{q_{\max}} = 0,0023 \rightarrow q_{\max} = 434,8 \text{ (mg/g)}$$

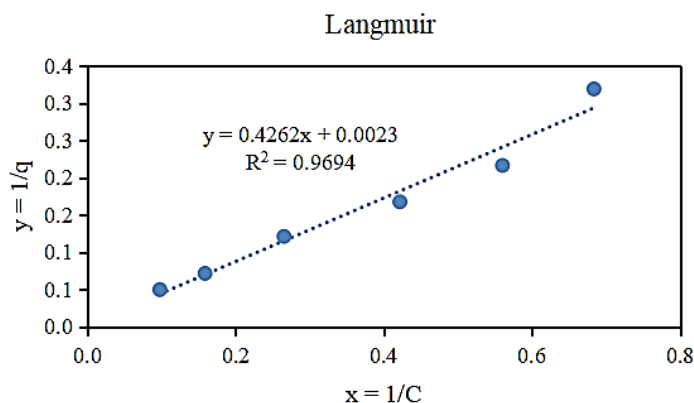
$$\frac{1}{q_{\max} K_{\text{Lang}}} = 0,4262 \rightarrow K_{\text{Lang}} = 0,0054 \text{ (L/mg)}$$

Phương trình đường đẳng nhiệt hấp phụ theo Langmuir của  $\text{NH}_4^+$  lên zeolite A được biểu diễn ở phương trình (6):

$$q = \frac{q_{\max} K_{\text{Lang}} C}{1 + K_{\text{Lang}} C} = \frac{434,8(\text{mg} / \text{g}) \times 0,0054(\text{L} / \text{mg}) \times c(\text{mg} / \text{L})}{1 + 0,0054(\text{L} / \text{mg}) \times c(\text{mg} / \text{L})} \tag{6}$$

Phương trình tuyến tính đường đẳng nhiệt Freundlich được xác định trong phương trình (7):

$$y = 0,9122x + 0,4004 \tag{7}$$



**Hình 3.** Phương trình tuyến tính của đường đẳng nhiệt Langmuir.

Từ phương trình (7), ta xác định được:

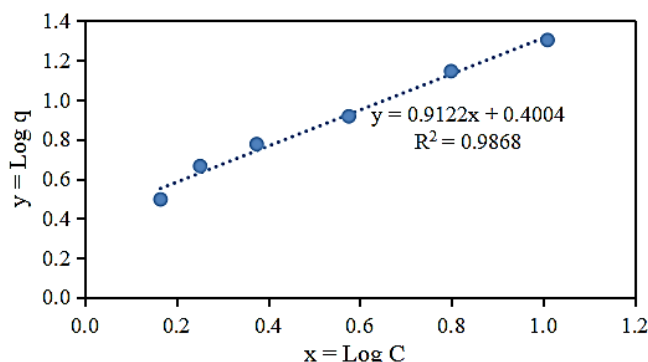
$1/n = 0,9122$ , tính được  $n = 1,096$ .

$\log K = 0,4004$ , tính được  $K = 2,5142$  ( $\text{mg}^{1-1/n} \text{L}^{1/n} \text{g}^{-1}$ ).

Phương trình đường đẳng nhiệt hấp phụ theo Freundlich của  $\text{NH}_4^+$  lên zeolite A được biểu diễn ở phương trình (8):

$$q = 2,5142C^{0,9122} \quad (8)$$

Freundlich



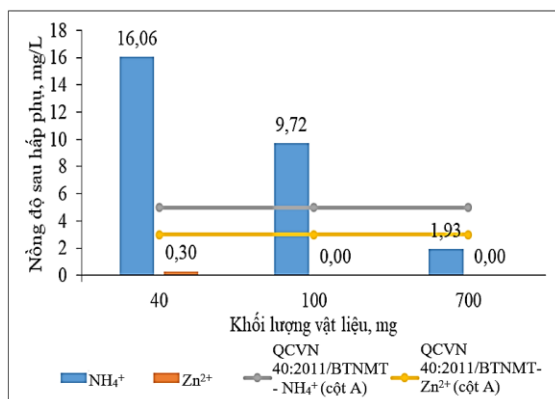
**Hình 4.** Phương trình tuyến tính của đường đẳng nhiệt Freundlich.

Có thể thấy quá trình hấp phụ  $\text{NH}_4^+$  lên zeolite A có thể được biểu diễn đồng thời bằng đường đẳng nhiệt hấp phụ Langmuir ( $R^2 = 0,9694$ ) và Freundlich ( $R^2 = 0,9868$ ). Nếu quá trình hấp phụ này thuần túy là quá trình trao đổi ion với các vị trí hấp phụ là đồng nhất thì phương trình đường đẳng nhiệt hấp phụ (6) sẽ biểu diễn tốt nhất cho quá trình này. Trong trường hợp này, có thể xác định khả năng hấp phụ tối đa của zeolite A đối với ion  $\text{NH}_4^+$  là  $q_{\max} = 434,8$  ( $\text{mg NH}_4^+\text{-N/g zeolite A}$ ). Bên cạnh đó, đường hấp phụ đẳng nhiệt Freundlich cũng biểu diễn rất tốt quá trình hấp phụ này, thậm chí với hệ số hồi quy  $R^2$  còn tốt hơn, cho thấy quá trình hấp phụ ion  $\text{NH}_4^+$  lên zeolite A ngoài cơ chế trao đổi ion là chủ yếu, còn có thể có thêm quá trình hấp phụ ion  $\text{NH}_4^+$  lên bề mặt của zeolite A. Lúc đó,  $q_{\max}$  còn có thể cao hơn 434,8 ( $\text{mg NH}_4^+\text{-N/g zeolite A}$ ) và được biểu diễn bởi phương trình (8). Kết quả này cũng phù hợp với sơ đồ biểu diễn dạng đường đẳng nhiệt hấp phụ trong tài liệu của Benjamin and Lawler Textbook [1] và Wang J., 2020 [10], trong đó, nếu đường đẳng nhiệt hấp phụ tuân theo Langmuir thì khi nồng độ chất hòa tan tăng, khả năng hấp phụ  $q$  sẽ tăng dần cho đến khi đạt giá trị cực đại  $q_{\max}$ . Nếu đường đẳng nhiệt hấp phụ tuân theo Freundlich thì khi nồng độ chất hòa tan tăng, khả năng hấp phụ  $q$  sẽ tăng theo. Tuy nhiên, điều này có thể chỉ đúng trong dãy lân cận dãy nồng độ khảo sát do  $\text{NH}_4^+$  hấp phụ lên bề mặt của zeolite A là có giới hạn.

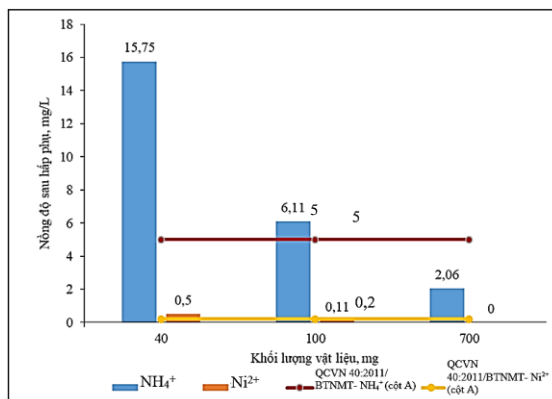
Kết quả này tốt hơn rất nhiều so với nghiên cứu của Yafei Zhao, 2010 [11] ( $q_{\max} = 44,3$  mg  $\text{NH}_4^+$ /g zeolite A tổng hợp từ khoáng sét halloysite mineral), Nguyễn Trần Hồng Phương [8] (21,16 mg  $\text{NH}_4^+$ /1g zeolite 4A) và tốt hơn nhiều so với một số chất hấp phụ tự nhiên như zeolite clinoptilolite tự nhiên (12,5 mg/g), zeolite clinoptilolite biến tính (16,1 mg/g), hay mordenite (9,48 mg/g) [5]. Kết quả nghiên cứu cho thấy có thể tổng hợp được zeolite A từ tro bay than với khả năng hấp phụ tốt. Khả năng hấp phụ tốt của zeolite A là kết quả của quy trình tổng hợp zeolite A theo phương pháp thủy nhiệt với sự hỗ trợ của siêu âm, tạo được zeolite A có độ kết tinh và độ tinh khiết, diện tích bề mặt cao, đồng thời kích thước hạt nhỏ [7].

**3.3. Xác định ảnh hưởng của các cation cạnh tranh**

Kết quả thí nghiệm ở hình 5 và hình 6 cho thấy rằng, khi nước thải chứa  $\text{NH}_4^+$  có mặt đồng thời các ion kim loại, trong trường hợp này là  $\text{NH}_4^+$  và  $\text{Zn}^{2+}$  hoặc  $\text{NH}_4^+$  và  $\text{Ni}^{2+}$  thì zeolite A sẽ ưu tiên hấp phụ ion hóa trị 2 là  $\text{Zn}^{2+}$  và  $\text{Ni}^{2+}$ . Điều này phù hợp với lý thuyết mà Metcalf và Eddy tổng hợp được, ở nồng độ thấp, giá trị của hệ số chọn lọc đối với sự trao đổi của các ion hóa trị hai lớn hơn so với các ion đơn hóa trị.

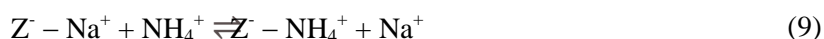


**Hình 5.** Biểu đồ sự cạnh tranh của ion  $\text{NH}_4^+$  và  $\text{Zn}^{2+}$  trong nước thải.



**Hình 6.** Biểu đồ sự cạnh tranh của ion  $\text{NH}_4^+$  và  $\text{Ni}^{2+}$  trong nước thải.

Quá trình hấp phụ của  $\text{NH}_4^+$  lên zeolite là quá trình trao đổi ion giữa  $\text{NH}_4^+$  trong dung dịch và  $\text{Na}^+$  từ zeolite A, được biểu diễn ở phương trình (9):



Trong đó, Z là nhóm mang điện tích âm của zeolite. Quá trình trao đổi ion mang tính thuận nghịch, do đó, khi nồng độ  $\text{Na}^+$  trong dung dịch tăng lên, phản ứng sẽ dịch chuyển từ phải sang trái. Khi các ion  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$  có mặt đồng thời với  $\text{NH}_4^+$ , khả năng hấp phụ của  $\text{NH}_4^+$  lên zeolite sẽ giảm do có sự cạnh tranh của các ion  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ . Kết quả tương tự đã được báo cáo trước đây [6, 11].

#### 4. KẾT LUẬN

Zeolite A tổng hợp được có tốc độ hấp phụ rất nhanh và đạt cân bằng trong khoảng 5 phút. Đây là kết quả rất đáng quan tâm so với các kết quả nghiên cứu trước đây. Do tốc độ đạt cân bằng nhanh nên việc xây dựng phương trình động học của quá trình hấp phụ này là không cần thiết. Khả năng hấp phụ tối đa của zeolite A đối với ion  $\text{NH}_4^+$  là  $q_{\max} = 434,8$  (mg  $\text{NH}_4^+$ -N/g zeolite A), cũng là kết quả rất tốt so với các nghiên cứu trước đây và so với các loại vật liệu hấp phụ tự nhiên khác. Phương trình đường hấp phụ đẳng nhiệt Freundlich biểu diễn ở phương trình (8) và Langmuir, biểu diễn ở phương trình (6) đều biểu diễn tốt cho quá trình hấp phụ này, chứng tỏ quá trình hấp phụ ion  $\text{NH}_4^+$  lên zeolite A ngoài cơ chế trao đổi ion là chủ yếu, còn có thể có thêm quá trình hấp phụ ion  $\text{NH}_4^+$  lên bề mặt của zeolite A. Sự có mặt của ion kim loại hóa trị 2 trong nước thải sẽ gây ảnh hưởng đến hiệu quả xử lý amoni.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Benjamin M. M., Lawler D. F. "Water Quality Engineering: Physical/Chemical Treatment Processes", 1<sup>st</sup> Edition, Wiley, (2013).
- [2]. Bộ Tài nguyên và Môi trường, "Báo cáo hiện trạng môi trường quốc gia giai đoạn 2016-2020", (2016).
- [3]. Bộ Tài nguyên và Môi trường, "Báo cáo môi trường quốc gia 2017- Chuyên đề quản lý chất thải", (2017).
- [4]. Jha B., Singh D. N., "A Review on synthesis, characterization and industrial applications of flyash zeolites", Journal of Materials Education, Vol.33 (1-2), tr. 65-132, (2011).
- [5]. Jha V.K., Hayashi S., "Modification on natural clinoptilolite zeolite for its  $\text{NH}_4^+$  retention capacity", Journal of Hazardous Materials, 169 (1-3), pp. 29–35, (2009).
- [6]. Lei L.C., Li X.J., Zhang X.W. "Ammonium removal from aqueous solutions using microwave-treated natural Chinese zeolite", Separation Purification Technology, 58 (3), pp. 359–366, (2008).
- [7]. Lê Văn Tâm, Nguyễn Thanh Tùng, Lê Thị Thu Thủy, Phạm Hồng Nhật, "Tác động của siêu âm lên quá trình tổng hợp zeolite A từ tro bay than", Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ - Khoa học Trái đất và Môi trường, (2022).
- [8]. Nguyễn Trần Hồng Phương, "Tổng hợp zeolite 4A từ cao lanh và khảo sát khả năng hấp phụ ion amoni của zeolite 4A", Khóa luận tốt nghiệp, Trường Đại học sư phạm TP. Hồ Chí Minh, (2013).
- [9]. Visa M., Popa N. "Adsorption of Heavy Metals Cations onto Zeolite Material from Aqueous Solution", Journal of Membrane Science & Technology, 5 (1):133, (2015).
- [10]. Wang J., Guo X. "Adsorption isotherm models: Classification, physical meaning, application and solving method", Chemosphere, Volume 258, 127279, (2020).
- [11]. Zhao Y., Zhang B., Zhang X., Wang J., Liu J., Chen R. "Preparation of highly ordered cubic NaA zeolite from halloysite mineral for adsorption of ammonium ions", Journal of Hazardous Materials, 178 (1-3), pp. 658–664, (2010).

#### ABSTRACT

##### Adsorption of ammonia in wastewater using zeolite synthesized from coal fly ash

*Class F fly ash from Duyen Hai thermal power plant in Vietnam was used to synthesize zeolite A for the adsorption of ammonium in wastewater. Well-ordered cubic zeolite A was first synthesized using fly ash as source material by hydro-thermal method assisted by ultrasound. This material was characterized by XRD, SEM to study the morphology and crystallinity. The adsorption properties of ammonium ions ( $\text{NH}_4^+$ ) from aqueous medium onto zeolite A were investigated as a function of parameters such as equilibrium time, initial  $\text{NH}_4^+$  concentration, amount of zeolite used. The synthesized zeolite A displayed a fast adsorption rate and high adsorption capacity, indicating that this is a potential material for the treatment of  $\text{NH}_4^+$  from wastewater, especially in advanced ammonium treatment stages. The study shows that the adsorption process follows the Langmuir and Freundlich adsorption isotherms simultaneously.*

**Keywords:** Coal fly ash; Zeolite A; Adsorption; Ultrasound; Ammonium ions.