

## **Xử lý amoni trong nước thải bằng mô hình cột liên tục sử dụng zeolite A tổng hợp từ tro bay than**

Lê Văn Tâm\*, Phạm Hồng Tuấn, Nguyễn Văn Dũng,  
Nguyễn Thị Xuân Hồng, Phạm Hồng Nhật

Viện Nhiệt đới Môi trường (57A Trương Quốc Dung, Phường 10, Phú Nhuận, Tp. Hồ Chí Minh).

\*Email: tamvndmt@gmail.com.

Nhận bài: 02/11/2022; 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.2022.9-14>

### **TÓM TẮT**

*Zeolite A tổng hợp từ tro bay than nhà máy nhiệt điện được ứng dụng để xử lý amoni trong nước thải theo mô hình cột liên tục. Nghiên cứu cho thấy zeolite A ở dạng hạt xử lý tốt  $\text{NH}_4^+$  trong nước thải bằng mô hình xử lý dạng cột liên tục với hiệu quả xử lý đạt trên 90%. Các thông số thiết kế được xác định như tốc độ qua cột  $\leq 20$  m/h, chiều cao lớp vật liệu  $\geq 600$  mm, nồng độ amoni đầu vào có thể lên đến 50 mg  $\text{NH}_4^+$ -N/L. Thời gian tới hạn của cột tại 5,75 h với nồng độ  $C_0 = 50$  mg/L,  $H = 600$  mm,  $V = 5$  m/h. Mô hình này hoàn toàn có thể ứng dụng trong thực tế xử lý amoni, thay thế cho phương pháp xử lý dạng cột sử dụng các loại vật liệu hấp phụ khác như tro bay nhiệt điện, than hoạt tính từ lõi ngô.*

**Từ khóa:** Tro bay; Zeolite A; Hấp phụ; Siêu âm;  $\text{NH}_4^+$ .

### **1. ĐẶT VẤN ĐỀ**

Nitơ là một trong những nguyên tố dinh dưỡng không thể thiếu cho sự sống trong đó có sinh trưởng và phát triển của hệ sinh thái thủy. Tuy nhiên, nếu cân bằng dinh dưỡng (N,P) trong môi trường nước mặt bị mất và hàm lượng N dư sẽ gây hiện tượng phú dưỡng và làm suy giảm chất lượng nước mặt, vốn là nguồn cung cấp nước chính cho hoạt động sinh hoạt và sản xuất của con người [3-4, 13].

Nitơ là chất ô nhiễm phổ biến trong nhiều nguồn nước thải công nghiệp, nước thải chăn nuôi và nước thải sinh hoạt. Trong nước thải sinh hoạt, nitơ chủ yếu tồn tại ở dạng muối amoni với hàm lượng đặc trưng của  $\text{NH}_4^+$ -N là 28-34 mg/L. Việc xả thải nước thải sinh hoạt không qua quá trình xử lý hoặc xử lý không đạt yêu cầu sẽ gây nên hiện tượng phú dưỡng và ô nhiễm môi trường. Quy chuẩn xả thải 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 [3, 4].

Xử lý amoni trong nước thải đang là vấn đề rất được quan tâm. Các quá trình loại bỏ amoni phổ biến là xử lý hóa học, vật lý và xử lý sinh học. Một quá trình được quan tâm trong thời gian gần đây để loại bỏ amoni là hấp phụ bằng vật liệu zeolite A tổng hợp từ tro bay than [8, 16].

Zeolite là một giải pháp thay thế đầy hứa hẹn cho các loại vật liệu hấp phụ khác vì chi phí thấp, tính chọn lọc và khả năng tương thích với môi trường tự nhiên. Zeolite hình thành dựa trên những đơn vị cấu trúc cơ bản  $\text{MO}_4$  là tứ diện silica  $[\text{SiO}_4]^{4-}$  và tứ diện alumina  $[\text{AlO}_4]^{5-}$  liên kết với nhau qua các đỉnh oxy chung. Các đơn vị cấu trúc sơ cấp là giống nhau trong mọi loại zeolite (tâm là Silic hoặc Al, đỉnh là Oxy). Các tứ diện có thể dùng chung các số oxy khác nhau tạo nên các đơn vị cấu trúc thứ cấp khác nhau, điều đó làm cho zeolite trở nên đa dạng. Khi tất cả oxy trong tứ diện  $\text{SiO}_4$  đã được dùng chung thì tứ diện silica sẽ trung hòa điện. Sự thay thế Si (IV) bằng Al (III) làm xuất hiện trong cấu trúc zeolite một điện tích âm. Để trung hòa điện tích âm đó, trong zeolite có các cation dương bù trừ điện tích âm, thường là  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ . Và cũng chính nhờ sự có mặt của các cation này mà zeolite có tính chất trao đổi ion. Các cation có thể trao đổi này làm tăng khả năng trao đổi ion hoặc khả năng hấp phụ với  $\text{NH}_4^+$  [1, 5, 16].

Hữu Tập (2018) [15] đã nghiên cứu khả năng hấp phụ amoni bằng tro bay thô từ nhiệt điện

than trên mô hình cột và cho thấy tro bay thô có khả năng hấp phụ amoni nhưng dung lượng hấp phụ không cao. Nghiên cứu khảo sát nồng độ amoni đầu vào 10-30 mg/L, vận tốc dòng 3, 6, 9 mL/phút (0,18-0,54 L/h), chiều cao cột vật liệu hấp phụ 100-300 mm, vận tốc lọc tính theo đơn vị thể tích lớp vật liệu từ 2-19 BV/h. Nghiên cứu chưa tính toán khả năng hấp phụ tới hạn và khả năng hấp phụ toàn phần của vật liệu.

Trường Đại học Khoa học (2019) [14] sử dụng than sinh học biến tính từ lõi ngô để xử lý amoni trong nước. Nghiên cứu khảo sát các tốc độ qua cột 1, 3, 6, 9 mL/phút (0,06 L/h, 0,18 L/h, 0,36 L/h và 0,54 L/h) và chiều cao cột vật liệu hấp phụ từ 80-240 mm, vận tốc lọc tính theo đơn vị thể tích lớp vật liệu từ 4,2-38,2 BV/h. Cả hai nghiên cứu trên đều nghiên cứu ở vận tốc lọc khá thấp, chưa sát với thiết kế thực tế.

Zeolite A sau khi được tổng hợp thành công từ tro bay nhiệt điện than Duyên Hải [9] đã được khảo sát một số thông số đặc trưng của vật liệu zeolite A như thời gian cân bằng, đường đẳng nhiệt hấp phụ, cạnh tranh với các ion kim loại hóa trị 2, khả năng hoàn nguyên [10]. Trong nghiên cứu này, zeolite A dạng hạt được sử dụng để khảo sát khả năng xử lý amoni trong nước thải bằng mô hình cột liên tục sử dụng zeolite A dạng hạt và ở dãy nồng độ thấp của  $\text{NH}_4^+$  ( $\leq 50$  mg/L). Nghiên cứu không tiến hành ở các dãy nồng độ cao hơn do ở các khoảng nồng độ cao, các phương pháp xử lý khác sẽ hiệu quả hơn. Nghiên cứu nhằm mục đích đánh giá chất lượng của zeolite A tổng hợp được, đồng thời xác định các thông số thiết kế của mô hình hấp phụ dạng cột sử dụng zeolite A làm vật liệu hấp phụ.

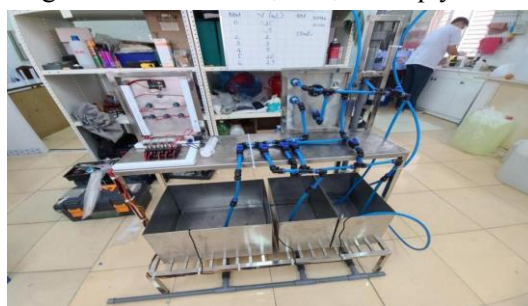
## 2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

### 2.1. Vật liệu

Mẫu nước thải nhân tạo được pha từ hóa chất  $\text{NH}_4\text{Cl}$  loại dùng cho phòng thí nghiệm. Zeolite A sau khi được tổng hợp từ tro bay nhà máy nhiệt điện than tại Việt Nam [8] được tạo viên và sử dụng để khảo sát trong nghiên cứu này.

### 2.2. Thiết kế thí nghiệm

Mô hình thí nghiệm dạng cột ở phòng thí nghiệm được thiết lập với các thông số cơ bản như đường kính cột: 34 mm, chiều cao cột: 800 mm. Thiết kế thí nghiệm theo mô hình dạng cột nhằm xác định các thông số thiết kế cần thiết, có thể áp dụng trong thiết kế Hệ thống xử lý nước thải thực tế, gồm vận tốc qua cột (V), nồng độ amoni đầu vào ( $C_0$ ) và chiều cao lớp vật liệu hấp phụ (H). Từ đó, đánh giá tính khả thi về mặt công nghệ của việc sử dụng zeolite A tổng hợp từ tro bay trong xử lý  $\text{NH}_4^+$  trong nước thải nhằm đạt được các quy chuẩn xả thải.



Hình 1. Mô hình nghiên cứu dạng cột liên tục.

Các thí nghiệm được quy hoạch theo phương pháp luân phiên từng biến như sau:

- Thí nghiệm 1- Xác định vận tốc qua cột (V): nhằm mục đích đánh giá ảnh hưởng của các vận tốc qua cột khác nhau đến khả năng hấp phụ amoni. Cố định  $C_0 = 20$  mg/L  $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ,  $H = 600$  mm, tăng dần vận tốc qua cột cho đến khi nồng độ amoni đầu ra ( $C_t$ ) vượt quá giới hạn cho phép của amoni trong nước thải sau xử lý (5 mg/L). Thí nghiệm tiến hành với  $V = 10$  m/h, 20 m/h và 30,6 m/h (tương ứng lưu lượng  $Q = 4,9$  L/h, 9,8 L/h và 15 L/h).

## Nghiên cứu khoa học công nghệ

- Thí nghiệm 2- Xác định nồng độ amoni đầu vào ( $C_0$ ): nhằm mục đích đánh giá nồng độ  $C_0$  cao nhất mà cột có thể xử lý hiệu quả. Dựa trên kết quả nghiên cứu của thí nghiệm 1, chọn vận tốc qua cột cố định  $V = 5$  m/h (tương ứng  $Q = 2,45$  L/h),  $H = 600$  mm, tăng dần nồng độ  $C_0$ , bắt đầu từ  $C_0 = 30$  mg/L  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  cho đến khi nồng độ amoni đầu ra ( $C_t$ ) vượt quá giới hạn cho phép của amoni trong nước thải sau xử lý hoặc khi đạt đến  $C_0 = 50$  mg/L  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  (giới hạn phạm vi nghiên cứu).

- Thí nghiệm 3- Xác định chiều cao cột hấp phụ: nhằm mục đích xác định chiều cao cột vật liệu thấp nhất mà vẫn đảm bảo khả năng hấp phụ amoni ổn định của cột. Ưu tiên nghiên cứu ở nồng độ  $C_0$  cao nhất, cố định  $C_0 = 50$  mg/L  $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ,  $V = 5$  m/h (tương ứng  $Q = 2,45$  L/h), giảm dần chiều cao cột vật liệu từ  $H = 600$  mm xuống 450 mm, 300 mm.

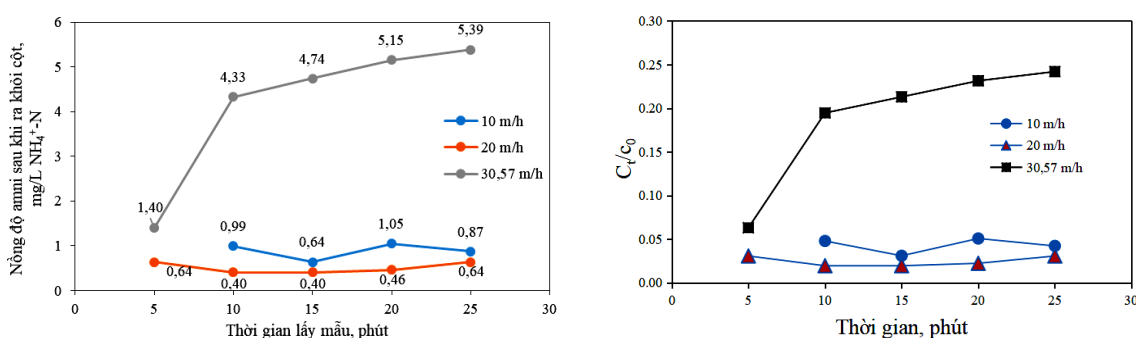
### 2.3. Phương pháp phân tích và xử lý số liệu

Xác định hàm lượng  $\text{NH}_4^+$  bằng phương pháp so màu với thuốc thử Nessler theo TCVN 6179-1:1996. Số liệu trình bày trong nghiên cứu này là giá trị trung bình của 03 lần đo lặp lại. Quá trình hấp phụ được đánh giá thông qua đánh giá số liệu thí nghiệm, qua đường tới hạn và qua tỷ số  $C_t/C_0$ , trong đó,  $C_t$  và  $C_0$  là nồng độ amoni đầu ra và đầu vào.

## 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### 3.1. Xác định vận tốc lọc

Kết quả thí nghiệm ở hình 2 cho thấy, với cùng điều kiện nồng độ đầu vào chất ô nhiễm và cùng chiều cao cột vật liệu, khi nước thải đi qua cột lọc với vận tốc  $\leq 20$  m/h thì nồng độ  $\text{NH}_4^+$  sau 25 phút vận hành mô hình vẫn duy trì ở mức ổn định, xấp xỉ 1 mg  $\text{NH}_4^+\text{-N/L}$ , đạt ngưỡng xả thải 5 mg  $\text{NH}_4^+\text{-N/L}$  được quy định tại cột A của Quy chuẩn QCVN 40:2011/BTNMT, QCVN 14:2008/BTNMT. Trong khi đó nếu vận hành mô hình với vận tốc 30,57 m/h thì sau 25 phút nồng độ  $\text{NH}_4^+$  lên đến 5,39 mg/L, vượt ngưỡng xả thải 5 mg  $\text{NH}_4^+\text{-N/L}$ . Có thể thấy tốc độ lọc 30,57 m/h là quá nhanh, không đủ thời gian lưu để quá trình xử lý  $\text{NH}_4^+$  có thể diễn ra trong cột. Do đó, các thí nghiệm về sau sẽ chỉ tiến hành ở vận tốc lọc  $\leq 20$  m/h. Vận tốc lọc qua cột trong nghiên cứu này phù hợp với các khoảng vận tốc lọc đã công bố trong một số tài liệu nghiên cứu trước đây [2, 11]. Một số nghiên cứu tương tự khảo sát với vận tốc khá thấp, khoảng từ 1-3 m/h [14] hoặc từ 0,4-1,91 m/h [15], không sát với thông số thiết kế trong thực tế. Trong nghiên cứu này, đối với các thí nghiệm thực hiện với vận tốc lọc  $\leq 20$  m/h, hiệu quả xử lý amoni đều đạt trên 90%. Khi tăng vận tốc lọc đến 30,57 m/h hiệu suất xử lý giảm nhanh.



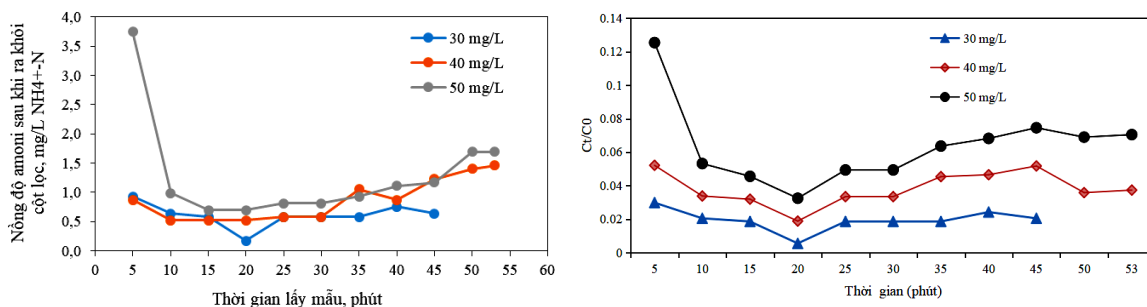
Hình 2. Theo dõi khả năng xử lý  $\text{NH}_4^+$  ở các vận tốc qua cột khác nhau.

### 3.2. Xác định nồng độ amoni đầu vào

Kết quả ở hình 3 cho thấy ở cùng điều kiện chiều cao cột vật liệu và vận tốc lọc, khi nồng độ chất amoni đầu vào ( $C_0$ ) tăng thì nồng độ amoni đầu ra ( $C_t$ ) cũng tăng lên và hiệu quả xử lý (thể hiện qua tỷ số  $C_t/C_0$ ) giảm đi. Khi  $C_0$  tăng lên thì dung lượng hấp phụ cân bằng ( $q$ ) của vật liệu sẽ tăng lên nhưng khi  $C_0$  càng cao thì  $q$  sẽ đạt đến giá trị giới hạn và không tăng nữa. Nghiên cứu

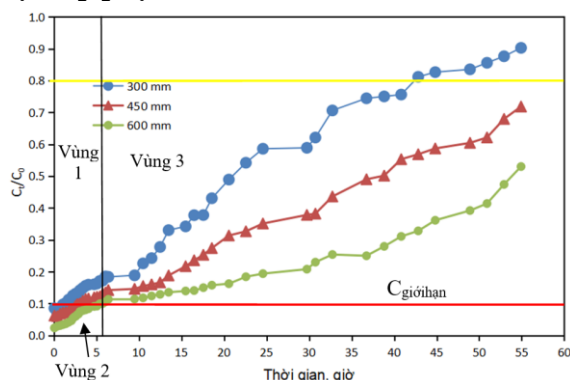
cho thấy khi  $C_0$  tăng dần từ 30 mg/L đến 50 mg/L,  $C_t$  có giá trị cao hơn và có xu hướng tăng dần tới giá trị giới hạn của amoni trong nước thải sau xử lý (5 mg/L). Xu hướng tương tự cũng được ghi nhận khi thí nghiệm hấp phụ amoni bằng tro bay nhiệt điện than [15] và than sinh học biến tính từ lõi ngô [14].

Kết quả thí nghiệm cho thấy ở vận tốc qua cột 5 m/h, nồng độ amoni đầu ra vẫn nằm dưới nồng độ giới hạn của amoni trong nước thải sau xử lý (5 mg/L) ngay cả trong trường hợp tăng nồng độ amoni đầu vào lên đến 50 mg/L, chứng tỏ cột lọc có khả năng xử lý nước thải với nồng độ đầu vào của  $\text{NH}_4^+$  lên đến 50 mg/L. Hiệu quả xử lý amoni trong các thí nghiệm đều đạt trên 90%.



Hình 3. Theo dõi khả năng xử lý  $\text{NH}_4^+$  ở các nồng độ đầu vào khác nhau.

### 3.3. Xác định chiều cao cột hấp phụ



Hình 4. Đường hấp phụ tới hạn theo các chiều cao cột.

Kết quả ở hình 4 cho thấy, ở cùng điều kiện  $C_0 = 50$  mg/L,  $V = 5$  m/h, khi chiều dài cột vật liệu giảm thì thời gian tới hạn và thời gian bão hòa ngắn hơn. Xu hướng tương tự được ghi nhận trong nghiên cứu hấp phụ amoni bằng tro bay than [15] và than sinh học lõi ngô [14]. Thời gian tới hạn và thời gian bão hòa theo chiều dài cột 300 mm, 450 mm và 600 mm lần lượt là 1,42 h, 3,08 h và 5,75 h; 42 h, 60 h và trên 60 h. Các nghiên cứu trước đây cho thấy thời gian tới hạn xuất hiện sau 3 h với  $C_0 = 40$  mg/L,  $V = 1$  m/h, vật liệu hấp phụ là than sinh học lõi ngô [14], hay thời gian tới hạn 2 h với  $C_0 = 30$  mg/L,  $V = 0,64$  m/h, vật liệu hấp phụ là tro bay than [15]. Thời gian tới hạn của 02 nghiên cứu này dài còn do vận tốc qua cột khá thấp.

Kết quả thí nghiệm cho thấy chiều cao cột hấp phụ 300 mm là không hiệu quả trong xử lý chất ô nhiễm khi nồng độ chất ô nhiễm đầu ra của  $\text{NH}_4^+$  mau chóng vượt qua ngưỡng xả thải 5 mg  $\text{NH}_4^+\text{-N/L}$  quy định tại một số Quy chuẩn của Việt Nam sau hơn 1 h vận hành. Hệ thống hoạt động ổn định hơn với chiều cao cột hấp phụ 600 mm. Tuy nhiên, vùng biểu thị khả năng hấp phụ còn lại của cột (vùng 3 hình 4) còn rất lớn cho thấy nếu sử dụng cột với các thông số đầu vào phù hợp có thể tận dụng được hết khả năng xử lý của vật liệu. Các thí nghiệm 1 và 2 cũng cho thấy với chiều cao cột hấp phụ 600 mm, khả năng xử lý ổn định hơn khi vẫn duy trì được nồng độ đầu ra của  $\text{NH}_4^+$  ở mức từ 1-2 mg/L sau 1 h vận hành. Kết quả cho thấy chiều cao cột hấp phụ ở mức

600 mm là thông số phù hợp trong thiết kế hệ thống cột hấp phụ sử dụng zeolite A dạng hạt. Tuy nhiên, nồng độ amoni đầu vào thiết kế nên chọn trung bình  $\leq 40$  mg/L. Nồng độ  $C_0 = 50$  mg/L nên được xem như nồng độ tối đa trong thiết kế do hệ thống kém ổn định khi vận hành liên tục với nồng độ amoni lên đến 50 mg/L, gây khó khăn trong vận hành và theo dõi chất lượng nước sau xử lý.

#### 4. KẾT LUẬN

Zeolite A ở dạng hạt có thể xử lý tốt  $\text{NH}_4^+$  trong nước thải bằng mô hình xử lý dạng cột liên tục. Một số thông số thiết kế cho quá trình xử lý  $\text{NH}_4^+$  bằng zeolite A dạng cột liên tục đã được xác định:

- + Tốc độ qua cột:  $\leq 20$  m/h;
- + Chiều cao lớp vật liệu:  $\geq 600$  mm;
- + Nồng độ đầu vào  $\text{NH}_4^+$  trung bình:  $\leq 40$  mg  $\text{NH}_4^+$ -N/L;
- + Nồng độ  $\text{NH}_4^+$  tối đa có thể xử lý: 50 mg  $\text{NH}_4^+$ -N/L.

Mô hình này hoàn toàn có thể ứng dụng trong thực tế xử lý amoni, thay thế cho phương pháp xử lý dạng cột sử dụng các loại vật liệu hấp phụ khác như tro bay nhiệt điện, than hoạt tính từ lõi ngô. Thời gian tới hạn của cột tại 5,75 h với nồng độ  $C_0 = 50$  mg/L,  $H = 600$  mm,  $V = 5$  m/h cho thấy tiềm năng ứng dụng zeolite A trong xử lý  $\text{NH}_4^+$  trong nước thải.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Auerbach Scott M., Carrado Kathleen A., Dutta Prabir K. “*Handbook of zeolite science and technology*”, CRC Press, (2003).
- [2]. Benjamin M. M., Lawler D. F. “*Water Quality Engineering: Physical/Chemical Treatment Processes*”, 1<sup>st</sup> Edition, Wiley, (2013).
- [3]. Bộ Tài nguyên và Môi trường, “*Báo cáo hiện trạng môi trường quốc gia giai đoạn 2016-2020*”, Hà Nội, (2016).
- [4]. Bộ Tài nguyên và Môi trường, “*Báo cáo môi trường quốc gia 2017- Chuyên đề quản lý chất thải*”, Hà Nội, (2017).
- [5]. Đỗ Quang Minh, “*Hóa học chất rắn*”, Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh, (2016).
- [6]. 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).
- [7]. 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).
- [8]. 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).
- [9]. 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).
- [10]. Lê Văn Tâm, Dương Công Thịnh, Nguyễn Thành Trí, Nguyễn Thị Xuân Hồng, Phạm Hồng Nhật, “*Hấp phụ amoni trong nước thải bằng zeolite A tổng hợp từ tro bay than*”, Hội thảo khoa học “*Phát triển và ứng dụng công nghệ tiên độ vào kỹ thuật nhật lập, bảo lãnh và ứng dụng phó biến đổi khí hậu*”, Viện Nhiệt đới môi trường, (2022).
- [11]. Metcalf & Eddy, Inc, “*Wastewater engineering treatment and reuse (4<sup>th</sup> edition)*”, Mc Graw Hill, (2004).
- [12]. 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).
- [13]. Randall D.J., Tsui T.K.N. “*Ammonia toxicity in fish*”, Mar. Pollut. Bull., 45, pp. 17–23, (2002).
- [14]. Trường Đại học khoa học, Đại học Thái Nguyên, “*Nghiên cứu xử lý amoni ( $\text{NH}_4^+$ -N) trong nước bị ô nhiễm bằng than sinh học biến tính sản xuất từ phế phụ phẩm nông nghiệp*”, Đề tài khoa học và công nghệ, (2019).
- [15]. Văn Hữu Tập, Nguyễn Thị Tuyết, Hoàng Thị Bích Hồng, “*Nghiên cứu khả năng hấp phụ amoni bằng tro bay trên mô hình cột*”, Tạp chí Khoa học & Công nghệ, 190(14), tr. 135-140, (2018).

- [16]. 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

#### Treatment of amoni in wastewater by continuous column model using zeolite A synthesized from coal fly ash

*Zeolite A synthesized from coal fly ash of a thermal power plant was applied to treat ammonium in wastewater in a continuous column model. The study showed that zeolite A in the form of granules treated well  $\text{NH}_4^+$  in wastewater using a continuous column treatment model with a treatment efficiency of higher than 90%. Design parameters were determined such as speed  $\leq 20$  m/h, material layer height  $\geq 600$  mm, and the inlet ammonium concentration can be up to 50 mg  $\text{NH}_4^+$ -N/L. The breakthrough point appeared after a 5.75 h operation with  $C_0 = 50$  mg/L,  $H = 600$  mm,  $V = 5$  m/h. This model can completely be applied in practice to treat ammonium, replacing the column treatment method using other types of adsorbents such as coal fly ash, and activated carbon from corncob.*

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