

ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG HẤP PHỤ ION Pb^{2+} CỦA ĐÁ ONG Khai thác tại xã Quỳnh Châu, Huyện Quỳnh Lưu, TỈNH NGHỆ AN

Đỗ Thị Hiền, Nguyễn Thị Hiền, Đỗ Thị Tâm
Đỗ Thị Thảo, Lê Quang Trung, Phạm Thị Trang
Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

Tóm tắt

Trong nghiên cứu này, đá ong khai thác tại xã Quỳnh Châu, Nghệ An được dùng làm vật liệu hấp phụ Pb^{2+} . Đá ong sau khi khai thác được xử lý sơ bộ thu vật liệu đá ong thô. Đồng thời, phủ MnO_2 lên vật liệu để có đá ong biến tính. Các yếu tố ảnh hưởng tới khả năng hấp phụ như thời gian, nồng độ ban đầu của Pb^{2+} , các ion Cl^- và Fe^{3+} đã được khảo sát. Dữ liệu thực nghiệm được phân tích bởi phương trình hấp phụ đẳng nhiệt Langmuir. Kết quả nghiên cứu cho thấy, dung lượng hấp phụ tối đa của đá ong thô và đá ong biến tính lần lượt là 0,524 và 0,475 mg/g ứng với thời gian cân bằng hấp phụ là 60 phút. Các quá trình hấp phụ tuân theo mô hình Langmuir với hệ số tương quan $R^2 > 0,99$. Ảnh hưởng của nồng độ ion Cl^- với quá trình hấp phụ của vật liệu biến tính là không đáng kể trong khi nồng độ ion Fe^{3+} càng tăng thì hiệu suất hấp phụ càng giảm. Đối với mẫu nước thải thực tế, hiệu suất hấp phụ ion Pb^{2+} của vật liệu đá ong đạt từ 69,9 - 81,4 %.

Từ khóa: Chì; Hấp phụ; Đá ong; Xử lý ion Pb^{2+} trong nước.

Abstract

Assessing the Pb^{2+} adsorption capacity of laterite exploited in Quỳnh Châu commune, Quỳnh Lưu district, Nghe An province

In this study, laterite exploited in Quỳnh Châu, Nghệ An, Vietnam was used as an adsorbent to remove Pb^{2+} . Laterite was pretreated to become raw laterite material. MnO_2 was then coated over the raw laterite material to obtain modified laterite. The factors affecting adsorption capacity such as adsorption time and initial concentration of lead (II), Fe^{3+} and Cl^- ions were investigated. Experimental data were analyzed using Langmuir adsorption isotherm model. The research results showed that the maximum adsorption capacity of raw laterite and MnO_2 coated laterite were 0.524 and 0.475 mg/g when the time of adsorption equilibrium is 60 minutes. Adsorption process followed Langmuir model with coefficient $R^2 > 0.99$. The effect of Cl^- concentration was negligible while the higher the concentration of Fe^{3+} , the lower the adsorption efficiency of the material. For wastewater sample, laterite could remove about 69.9 to 81.4% of Pb^{2+} .

Keywords: Lead; Adsorption; Laterite; Removal of Pb^{2+} .

1. Đặt vấn đề

Hiện nay, tình trạng môi trường nước bị ô nhiễm bởi các hóa chất độc hại nói chung và ô nhiễm kim loại nặng nói riêng đang là một vấn đề nóng bỏng

mang tính toàn cầu, ảnh hưởng trực tiếp đến sức khỏe con người [6]. Một trong số những kim loại nặng gây ảnh hưởng tới con người và sinh vật nhiều nhất là chì. Các hợp chất chì càng dễ hòa tan thì càng độc [3]. Ngay cả các muối không tan của

chì như cacbonat, sunfat khi vào đường tiêu hóa cũng bị HCl ở dạ dày hòa tan một phần và gây độc. Do đó, việc nghiên cứu xử lý chì trong môi trường nước hiện đang nhận được nhiều sự quan tâm của các nhà khoa học trong nước và quốc tế.

Hấp phụ là một trong những phương pháp phổ biến để loại bỏ các chất hữu cơ, ion kim loại và các chất không mong muốn khác trong nước [4]. Các vật liệu dùng để hấp phụ rất đa dạng, có thể được tổng hợp từ các vật liệu có sẵn trong tự nhiên. Trong thực tế, đá ong có chứa nhiều các oxit của nhôm, sắt, silic và có nhiều đặc tính tốt như: độ xốp tương đối cao, bề mặt riêng lớn, nên đá ong đã được nghiên cứu làm vật liệu hấp phụ xử lý nước bị ô nhiễm. Trên cơ sở các nghiên cứu hiện nay về khả năng hấp phụ kim loại nặng thì đá ong được xem là giải pháp mang lại hiệu quả cao. Việc sử dụng đá ong thô cũng như đá ong biến tính làm chất hấp phụ rất có triển vọng trong việc loại bỏ kim loại nặng trong nước, đặc biệt là đối với ion chì [5, 6].

Tại Việt Nam, đá ong thường xuất hiện nhiều ở vùng đồi núi trung du các tỉnh như Sơn Tây (Hà Nội), Đồng Nai, Tây Ninh, Vĩnh Phúc, Bắc Kạn [4, 5],... Đã có một số công trình nghiên cứu về khả năng hấp phụ và ứng dụng xử lý môi trường của đá ong ở một số khu vực trên. Từ quá trình khảo sát thực tế cho thấy nguồn đá ong tại tỉnh Nghệ An khá phong phú. Ở xã Quỳnh Châu, đá ong thường được dùng để xây dựng và chưa có nghiên cứu nào thực hiện về khả năng ứng dụng của đá ong tại đây để xử lý ion Pb^{2+} trong nước. Với mong muốn mở rộng phạm vi ứng dụng của đá ong tại xã Quỳnh Châu trong lĩnh vực môi trường, nhóm tác giả đã thực hiện đề tài nghiên cứu khoa học “Đánh giá khả năng xử lý ion Pb^{2+} trong nước của đá ong tại xã Quỳnh Châu,

huyện Quỳnh Lưu, tỉnh Nghệ An”. Nội dung chính của nghiên cứu là đánh giá khả năng hấp phụ của đá ong thô và đá ong biến tính phủ MnO_2 ; khảo sát một số yếu tố ảnh hưởng tới quá trình hấp phụ như thời gian, nồng độ ban đầu của ion Pb^{2+} , một số ion cạnh tranh (Cl^- , Fe^{3+}) tới hiệu quả xử lý Pb^{2+} trong nước.

2. Mục tiêu, nội dung và phương pháp nghiên cứu

2.1. Mục tiêu

- Xây dựng được quy trình tổng hợp vật liệu đá ong thô và đá ong biến tính phủ MnO_2 từ đá ong khai thác tại xã Quỳnh Châu, huyện Quỳnh Lưu, tỉnh Nghệ An;
- Đánh giá được hiệu suất xử lý ion Pb^{2+} trong nước của đá ong thô và đá ong biến tính;
- Khảo sát được sự ảnh hưởng bởi một số yếu tố tới quá trình hấp phụ ion Pb^{2+} của vật liệu đá ong thô và đá ong biến tính.

2.2. Nội dung nghiên cứu

- Tổng hợp các vật liệu: đá ong thô (vật liệu M0), đá ong phủ MnO_2 (vật liệu M1);
- Xác định một số đặc trưng về cấu trúc, hình thái của các vật liệu;
- Khảo sát khả năng hấp phụ (thời gian, dung lượng hấp phụ cực đại, ion ảnh hưởng Cl^- , Fe^{3+}) ion Pb^{2+} của vật liệu M0 và M1 trên nền mẫu giả định và mẫu nước thải thực tế.

2.3. Phương pháp nghiên cứu

- Phương pháp thu thập tài liệu: Thu thập, tổng hợp và phân tích các tài liệu liên quan đến đối tượng nghiên cứu của đề tài;
- Phương pháp khảo sát thực địa và lấy mẫu: Khảo sát thực tế khu vực nghiên cứu để lựa chọn vị trí lấy mẫu. Đá ong được lấy tại 3 vị trí và ở các độ

sâu khác nhau để thu mẫu tổ hợp. Mẫu nước thải thực tế được lấy tại làng nghề tái chế chì Đông Mai, xã Chi Đạo, Văn Lâm, Hưng Yên theo TCVN 5999:1995 (ISO 5667-10:1992), hướng dẫn lấy mẫu nước thải;

- Phương pháp xây dựng quy trình tổng hợp vật liệu: tổng hợp vật liệu hấp phụ từ đá ong bằng phương pháp xử lý thủ công và phương pháp hóa học dựa trên các phản ứng oxy hóa khử.

- Phương pháp nghiên cứu cấu trúc và tính chất của đá ong: Sử dụng phương pháp chụp phổ nhiễu xạ tia X (XRD).

- Phương pháp xác định hàm lượng Pb^{2+} trong dung dịch bằng phương pháp quang phổ hấp phụ nguyên tử AAS.

- Phương pháp xử lý số liệu:

Dùng phương pháp thống kê xử lý số liệu để xử lý số liệu kết quả thu được, tính dung lượng hấp phụ cực đại, phân tích số liệu thực nghiệm hấp phụ theo mô hình Langmuir.

Tính dung lượng hấp phụ Q (mg/g) và hiệu suất hấp phụ H (%) của vật liệu hấp phụ đối với dung dịch bị hấp phụ theo công thức:

$$Q = \frac{(C_0 - C) \cdot V}{m}$$

$$H = \frac{(C_0 - C)}{C_0} \cdot 100$$

Trong đó: C_0 , C lần lượt là nồng độ ban đầu và nồng độ sau khi hấp phụ của dung dịch bị hấp phụ (mg/L).

V : thể tích dung dịch bị hấp phụ (l).

M : khối lượng vật liệu hấp phụ (g)

- Phương pháp đánh giá khả năng hấp phụ ion Pb^{2+} của vật liệu:

+ *Khảo sát thời gian cân bằng hấp phụ*: Quá trình hấp phụ coi như đạt cân bằng khi ta có 3 số liệu sát nhau dao động

quanh 1 con số (hay sai lệch giữa 2 số cuối không quá 2%).

+ *Khảo sát tải trọng hấp phụ cực đại*: Xây dựng mô hình hấp phụ đẳng nhiệt Langmuir theo phương trình:

$$C_+$$

Đây là dạng phương trình hồi quy tuyến tính $y = ax + b$

Xét giá trị hệ số tương quan R^2 của đường tuyến tính. Hệ số R^2 càng gần 1 thì mô hình tương ứng càng phù hợp [1].

Tải trọng hấp phụ cực đại của vật liệu: $Q_{\max} = \frac{1}{\alpha \tan \alpha}$ (α là góc tạo bởi đường thẳng trong đồ thị và trục hoành);

Hằng số hấp phụ $K = \frac{1}{\alpha^2}$ [1].

3. Kết quả nghiên cứu

3.1. Quy trình tổng hợp các loại vật liệu

3.1.1. Tổng hợp vật liệu M0 (đá ong thô)

Đá ong tại xã Quỳnh Châu, huyện Quỳnh Lưu, tỉnh Nghệ An sau khi thu thập được sẽ tiến hành cạo sạch đất sau đó đập nhỏ, nghiền, cho qua rây 0,7 mm, thu lấy đá ong kích thước < 0,7 mm. Đá ong này được nghiền tiếp và rây qua rây 0,5 mm, thu lấy đá ong có kích cỡ $\geq 0,5$ mm. Tiến hành rửa đá ong loại đó bằng nước máy cho tới khi nước rửa trong. Tiếp tục cho qua rửa bằng nước cất nhiều lần, để khô không khí. Sau đó sấy ở 105°C đến khối lượng không đổi. Lấy ra, để nguội được vật liệu M0.

3.1.2. Tổng hợp vật liệu M1 (phủ MnO_2 lên vật liệu)

Ngâm vật liệu thô M0 trong dung dịch $KMnO_4$ 0,1N trong 20 phút. Sau đó thêm vào dung dịch $MnSO_4$ 0,1N và ngâm trong 1h. Gạn bỏ dung dịch, rửa sạch bằng nước cất và sấy khô ở 105°C đến khối lượng không đổi thu được vật liệu M1.

3.2. Hình thái, cấu trúc của vật liệu

Hình thái của các loại vật liệu tổng hợp được nêu ở bảng 1.

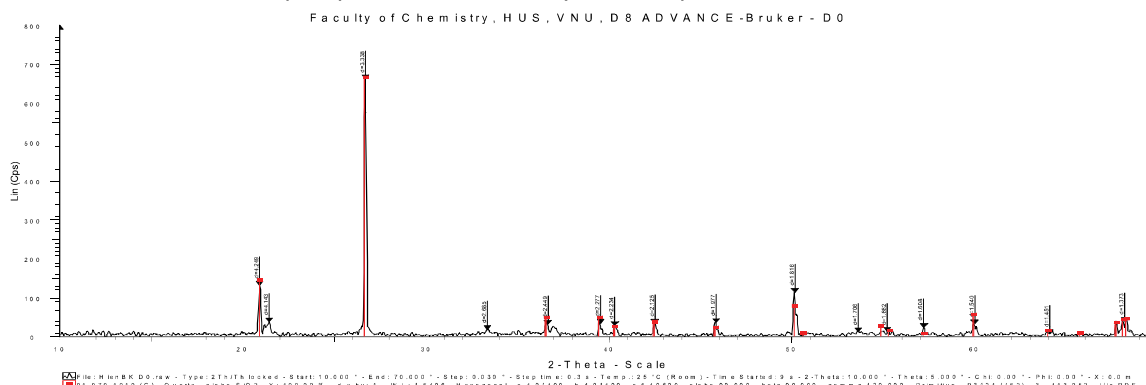
Bảng 1. Hình thái của các loại vật liệu

STT	Kí hiệu vật liệu	Hình thái vật liệu
1	M0	Màu nâu nhạt, kích thước hạt từ 0,5 - 0,7 mm
2	M1	Màu nâu đậm, kích thước hạt từ 0,5 - 0,7 mm

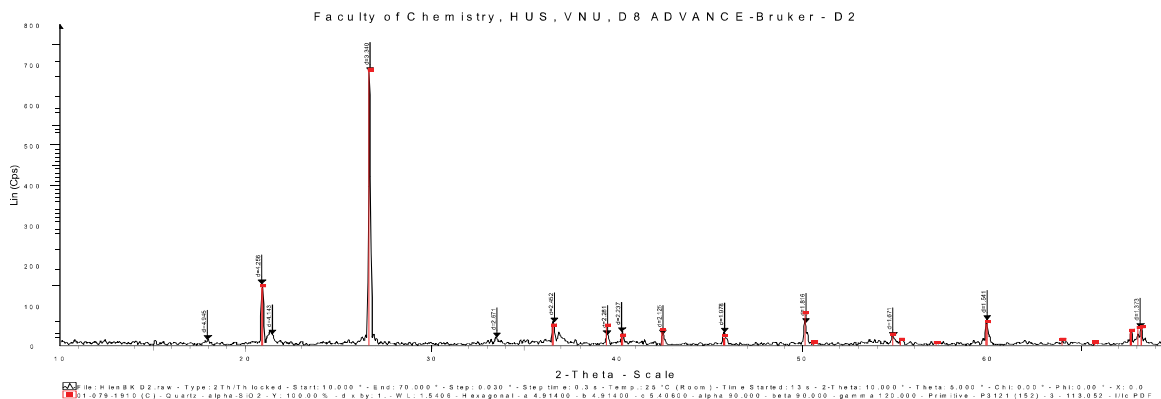


Hình 1: Hình ảnh vật liệu đá ong thô (M0) và đá ong phủ MnO_2 (M1)

Mẫu vật liệu sau khi tổng hợp được phân tích nhiễu xạ tia X với góc quét từ 0° đến 90° . Phổ XRD của vật liệu M0 và M1 được thể hiện ở hình 2 và hình 3.



Hình 2: Giảm đồ nhiễu xạ tia X của vật liệu M0



Hình 3: Giảm đồ nhiễu xạ tia X của vật liệu M1

Quan sát hình 2 ta thấy hai vật liệu M0 và M1 về cơ bản vẫn giữ được các pic chính giống nhau, một pic có cường độ mạnh ở góc 2 theta $26,7^\circ$ và 12 pic có cường độ thấp ở góc 2 theta 21° ; $21,5^\circ$;

$33,5^\circ$; $36,6^\circ$; $39,5^\circ$; $40,3^\circ$; $42,3^\circ$; $45,8^\circ$; $50,2^\circ$; $55,2^\circ$; 60° ; $68,2^\circ$. Đây là các pic đặc trưng của vật liệu. Bên cạnh các pic giống nhau, hai vật liệu M0 và M1 cũng có những pic khác nhau. Cụ thể, vật liệu

M1 xuất hiện thêm 1 pic ở góc 2 theta 18,1°, tương ứng với pic nhiễu xạ của mặt phẳng tinh thể (200), dữ liệu phổ chuẩn α - MnO_2 (JCPDS card PDF file no. 44-0141) [7]. Bên cạnh đó, vật liệu M0 xuất hiện thêm 3 pic ở góc 2 theta 53,8°; 57,1°; 64°. Điều đó chứng tỏ vật liệu M1 là đã được phủ thành công MnO_2 .

3.4. Đánh giá khả năng hấp phụ ion Pb^{2+} của vật liệu M0 và M1

3.4.1. Khảo sát thời gian cân bằng hấp phụ Pb^{2+}

Qua thực nghiệm, kết quả khảo sát thời gian cân bằng hấp phụ Pb^{2+} của vật liệu đã ong thô và đã ong phủ MnO_2 được thể hiện ở bảng 2.

Bảng 2. Kết quả khảo sát thời gian cân bằng hấp phụ của vật liệu M0 và vật liệu M1

STT	Thời gian (phút)	C_0 (mg/L)	Q_t (mg/g)	
			Vật liệu M0	Vật liệu M1
1	0	5	0,0	0,0
2	15	5	0,231	0,203
3	30	5	0,239	0,204
4	60	5	0,250	0,209
5	120	5	0,250	0,209
6	180	5	0,250	0,209
7	240	5	0,250	0,210

Tại thời điểm 60 phút dung lượng hấp phụ của 2 loại vật liệu tăng đáng kể (vật liệu M0 đạt 0,250 mg/g; vật liệu M1 là 0,209 mg/g) và gần như không thay đổi so với các mốc thời gian cao hơn. Do đó chọn thời gian tối ưu hấp phụ Pb^{2+} là 60 phút cho 2 loại vật liệu này để tiến hành các khảo sát tiếp theo.

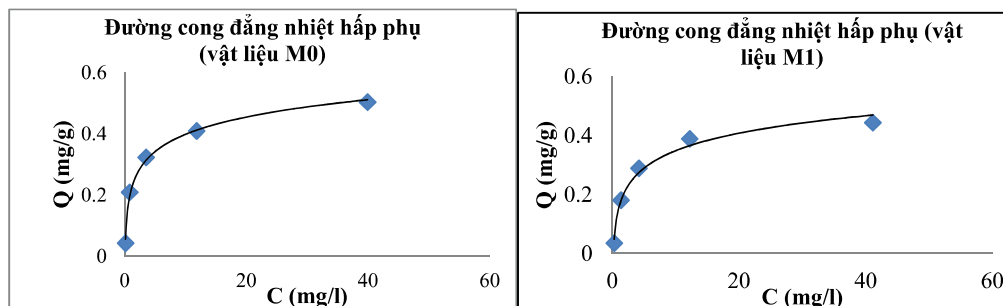
3.4.2. Khảo sát dung lượng hấp phụ cực đại Pb^{2+}

Kết quả khảo sát dung lượng hấp phụ của vật liệu M0 và M1 được thể hiện qua bảng 3.

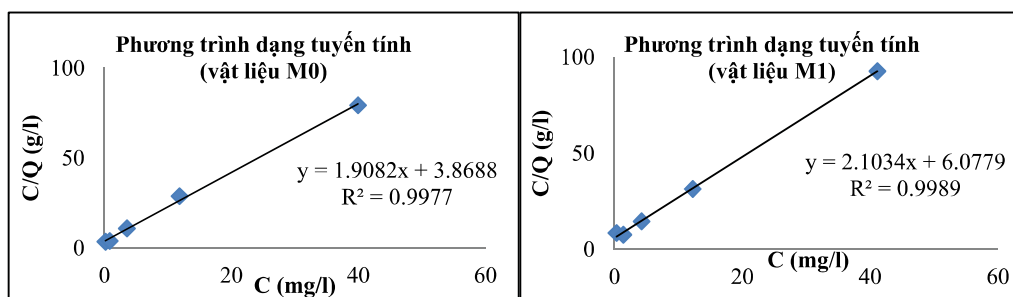
Bảng 3. Kết quả khảo sát dung lượng hấp phụ cực đại của vật liệu M0 và M1

STT	Vật liệu M0				Vật liệu M1			
	m (g)	C_0 (mg/L)	C (mg/L)	Q (mg/g)	m (g)	C_0 (mg/L)	C (mg/L)	Q (mg/g)
1	1	1	0,151	0,042	1	1	0,300	0,035
2	1	5	0,828	0,209	1	5	1,382	0,181
3	1	10	3,544	0,323	1	10	4,222	0,289
4	1	20	11,815	0,409	1	20	12,226	0,389
5	1	50	39,934	0,503	1	50	41,132	0,443

Từ bảng 3, xây dựng được đường cong đẳng nhiệt hấp phụ và đồ thị dạng tuyến tính của phương trình Langmuir:



Hình 4: Đường cong đẳng nhiệt hấp phụ của vật liệu M0 và vật liệu M1



Hình 5: Phương trình Langmuir dạng tuyến tính của vật liệu M0 và vật liệu M1

Ở cả hai phương trình, hệ số tương quan R^2 đều $> 0,99$. Do đó, phương trình Langmuir là phù hợp để mô tả quá trình hấp phụ của các vật liệu M0 và M1 với ion Pb^{2+} . Điều này nghĩa là ion Pb^{2+} có thể bị hấp phụ đơn lớp trên đá ong và đá ong biến tính phủ MnO_2 . Kết quả này tương đồng với nghiên cứu của Nguyễn Thanh Tùng và cộng sự khi thực hiện biến tính đá ong bằng dung dịch EDTA [5].

Tải trọng hấp phụ cực đại của 2 vật liệu được xác định một cách gần đúng từ các đường đẳng nhiệt hấp phụ. Tải trọng hấp phụ cực đại của các vật liệu M0 và M1 lần lượt là 0,524 mg/g và 0,475 mg/g; hằng số hấp phụ K trong hai trường hợp lần lượt là 0,493 L/mg và 0,346 L/mg.

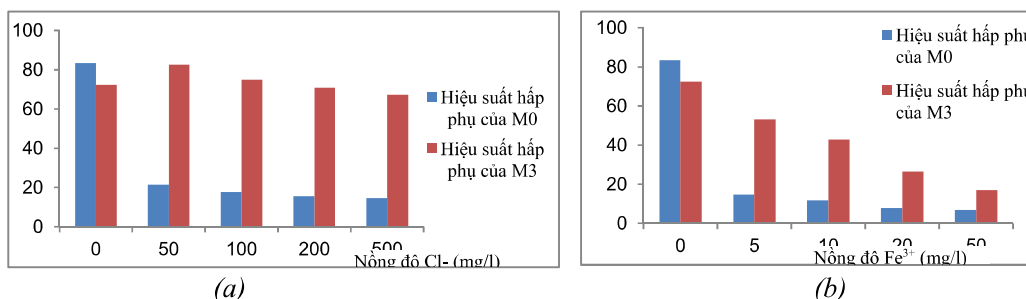
Qua đó thấy rằng, đá ong tại xã Quỳnh Châu có khả năng hấp phụ khá tốt ion Pb^{2+} và không có sự chênh lệch nhiều giữa hai loại vật liệu. Quá trình biến tính phủ MnO_2 lên đá ong thô lại chưa nâng cao được khả năng hấp phụ của vật liệu. Do đó, cần có những nghiên cứu chuyên sâu hơn và thử nghiệm nhiều phương pháp biến tính khác nhau để có thể tổng hợp được vật liệu có khả năng hấp phụ tối ưu.

3.4.3. Ảnh hưởng của ion Cl^- và ion Fe^{3+} tới khả năng hấp phụ Pb^{2+}

Qua thực nghiệm, kết quả khảo sát ảnh hưởng của nồng độ Cl^- , Fe^{3+} đến khả năng hấp phụ Pb^{2+} của vật liệu M0 và M1 được thể hiện ở bảng 4 và hình 6.

Bảng 4. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của nồng độ Cl^- , Fe^{3+} tới quá trình hấp phụ

$C_0 Pb^{2+}$ (mg/L)	Nồng độ Cl^- (mg/L)	Hiệu suất hấp phụ H (%)		Nồng độ Fe^{3+} (mg/L)	Hiệu suất hấp phụ H (%)	
		M0	M1		M0	M1
5	0	83,40	72,40	0	83,40	72,40
5	50	21,40	82,62	5	14,69	53,20
5	100	17,75	74,89	10	11,72	42,89
5	200	15,64	70,90	20	7,78	26,46
5	500	14,62	67,26	50	6,87	17,04



Hình 6: Đồ thị biểu diễn ảnh hưởng của nồng độ Cl^- và Fe^{3+} đến khả năng hấp phụ Pb^{2+} của vật liệu M0 (a) và M1 (b)

Kết quả cho thấy, sự có mặt của các ion (Cl^- hoặc Fe^{3+}) có ảnh hưởng rõ rệt tới khả năng hấp phụ của vật liệu đá ong thô. Tuy nhiên trong trường hợp vật liệu đá ong biến tính thì ảnh hưởng của ion cạnh tranh đã giảm bớt.

Cụ thể, hiệu suất hấp phụ Pb^{2+} của vật liệu M0 giảm từ 83,4% xuống còn 14,62% (ở nồng độ Cl^- là 500 mg/L) và còn 6,87% (ở nồng độ Fe^{3+} là 50 mg/L). Giá trị tương ứng đối với vật liệu M1 là 5,14% và 55,36%.

Nguyên nhân có thể vì trên bề mặt của vật liệu M0 chứa những ion đồng hình với ion Cl^- nên Cl^- được ưu tiên hấp phụ

trước [2]. Ngược lại, vật liệu M1 đã được phủ lớp MnO_2 bên ngoài nên ion Cl^- sẽ khó bị hấp phụ bởi vật liệu. Do đó không ảnh hưởng tới khả năng hấp phụ Pb^{2+} của vật liệu này. Bên cạnh đó, ở nồng độ càng cao, ion Fe^{3+} đã cạnh tranh với ion Pb^{2+} để hấp phụ trên bề mặt vật liệu [2]. Vì vậy, càng tăng nồng độ của Fe^{3+} thì hiệu suất hấp phụ Pb^{2+} của cả hai vật liệu càng giảm.

3.4.4. Đánh giá khả năng xử lý Pb^{2+} của vật liệu M1 đối với nước thải thực tế

Kết quả đánh giá khả năng xử lý Pb^{2+} của vật liệu M1 đối với nước thải thực tế được tổng hợp và trình bày trong bảng 5

Bảng 5. Kết quả thử nghiệm xử lý mẫu nước thải với vật liệu M0 và M1

Vật liệu	Khối lượng vật liệu (g)	Thể tích mẫu nước thải (ml)	Nồng độ ban đầu (mg/L)	Nồng độ sau hấp phụ C_t (mg/L)			C_t trung bình (mg/L)	Hiệu suất xử lý (%)
				Lần 1 (mg/L)	Lần 2 (mg/L)	Lần 3 (mg/L)		
M0	1,0	50	4,327	0,852	0,923	0,638	0,804	81,4
M1	1,0	50	4,327	1,305	1,458	1,137	1,300	69,9

Từ kết quả trên, nhận thấy vật liệu đá ong thô và vật liệu đá ong trên cơ sở phủ MnO_2 đã có khả năng xử lý Pb^{2+} với nồng độ Pb ban đầu vượt QCCP 8,7 lần xuống còn vượt QCCP từ 1,6 - 2,6 lần. Dung lượng hấp phụ Pb^{2+} trong nước thải thực tế trung bình là 0,176 mg/g (M0) và 0,151 mg/g (M1). Nguyên nhân có thể do trong mẫu nước thải có nhiều các ion cạnh tranh với Pb^{2+} như Fe^{3+} , Mn^{2+} , Cu^{2+} đi vào mao quản của vật liệu và cản trở sự chuyển động của ion Pb^{2+} , làm giảm khả năng hấp phụ của vật liệu đá ong [4]. Để nước thải sau xử lý đạt ngưỡng quy chuẩn về xả thải cần kết hợp với các phương pháp xử lý khác.

4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu đã đánh giá được khả năng hấp phụ ion Pb^{2+} của vật liệu đá ong thô và đá ong biến tính phủ MnO_2 khai thác tại xã Quỳnh Châu, huyện Quỳnh

Lưu, tỉnh Nghệ An. Qua thực nghiệm cho thấy thời gian cân bằng hấp phụ của các vật liệu là 60 phút. Dung lượng hấp phụ Pb^{2+} cực đại tính theo phương trình đẳng nhiệt Langmuir của hai vật liệu M0 và M1 lần lượt là 0,524 và 0,475 mg/g. Quá trình hấp phụ Pb^{2+} của vật liệu biến tính ít bị ảnh hưởng bởi các ion Cl^- và Fe^{3+} hơn so với vật liệu thô. Nghiên cứu cho thấy, các vật liệu đá ong thô và đá ong được phủ MnO_2 có thể được ứng dụng để xử lý chì trong nước thải thực tế.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Bin (2008). *Các quá trình, thiết bị trong công nghệ hóa chất và thực phẩm*. Tập 4, NXB Khoa học và Kỹ thuật.
- [2]. Lê Văn Cát (2002). *Hấp phụ và trao đổi ion trong kỹ thuật xử lý nước và nước thải*. NXB Thống kê, Hà Nội.
- [3]. Nguyễn Đức Huệ (2010). *Độc học môi trường*. Giáo trình, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQGHN.

[4]. Nguyễn Hữu Phú (2003). *Giáo trình hấp phụ và xúc tác trên bề mặt vật liệu vô cơ mao quản*. NXB Khoa học và Kỹ thuật.

[5]. Nguyễn Thanh Tùng, Phạm Luận, Trần Tứ Hiếu, Ngô Thị Mai Việt (2006). *Nghiên cứu khả năng hấp phụ chì (Pb^{2+}) của đá ong Việt Nam sau khi biến tính*. Tạp chí phân tích Hóa, Lý và Sinh học, tập 11, số 4/2006, trang 40 - 44.

[6]. Chatterjee S, De S (2016). *Application of novel, low-cost, laterite-based adsorbent for removal of lead from water: Equilibrium, kinetic and thermodynamic studies*. Journal of Environmental Science and

Health, Part A - Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering, vol 51, issue 3.

[7]. Lili Feng et al. (2014). *MnO_2 prepared by hydrothermal method and electrochemical performance as anode for lithium-ion battery*. Nanoscale Research Letters, 2014; 9(1): 290.

[8]. McFarlane, M.J (1977). *Laterite and landscape*. Published by Academic Press Inc.

BBT nhận bài: 23/7/2019; Phản biện
xong: 29/8/2019