

NGHIÊN CỨU TÍNH CHẤT HẤP PHỤ CỦA BÙN ĐỎ LÂM ĐỒNG

Phạm Đình Dữ¹

TÓM TẮT

Trong bài báo này, các phương pháp hoạt hóa bùn đỏ Lâm Đồng khác nhau, bao gồm axit hóa, hoạt hóa bằng nhiệt, kết hợp xử lý bằng axit và nhiệt, được ứng dụng để hấp phụ Pb(II) và metylen xanh trong dung dịch nước. Ảnh hưởng của phương pháp hoạt hóa đến tính chất hóa lý của bùn đỏ được đặc trưng bằng XRD, BET và TEM. Ảnh hưởng của pH dung dịch ban đầu đến tỷ lệ loại bỏ các chất ô nhiễm ở trên đã được khảo sát. Các mô hình đẳng nhiệt hấp phụ dạng tuyến tính, bao gồm Langmuir, Freundlich và Sips, đã được sử dụng để phân tích các dữ liệu thực nghiệm.

Từ khóa: Bùn đỏ, xử lý, hấp phụ, Pb(II), metylen xanh

1. Mở đầu

Bùn đỏ (red mud) được tạo ra trong quá trình sản xuất alumin (nhôm oxit) từ quặng bauxit theo quy trình Bayer. Quặng bauxit thường là một hỗn hợp các khoáng chất giàu nhôm oxit hidrat ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ và $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$). Tất nhiên,

bauxit cũng có các khoáng chất chứa sắt, silic và titan. Sau khi trộn quặng bauxit với dung dịch natri hidroxit ở nhiệt độ và áp suất cao, nhôm oxit được hoà tan trong dung dịch và còn lại chất cặn rắn là bùn đỏ theo các phương trình sau [1]:



Để điều chế 1 tấn alumin thì thải ra khoảng 0,3 - 2,5 tấn bùn đỏ. Bùn đỏ thường chứa nhiều khoáng chất khác nhau tùy thuộc vào nguồn bauxit, chẳng hạn như hematit (Fe_2O_3), goethit ($\alpha\text{-FeOOH}$), boehmit ($\gamma\text{-AlOOH}$), titan đioxit (TiO_2), quartz (SiO_2), sodalit ($\text{Na}_4\text{Al}_3\text{Si}_3\text{O}_{12}\text{Cl}$) hoặc CAN (cancrinite-type sodium aluminum silicate), và thạch cao ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), với một lượng nhỏ canxi cacbonat (CaCO_3), whewellit ($\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) và gibbsit ($\text{Al}(\text{OH})_3$) [2].

Việc xử lý bùn đỏ còn phụ thuộc vào các tính chất hóa lý của nó. Bùn đỏ có độ pH trung bình 10-13; kích thước hạt rất nhỏ, trung bình $<10 \mu\text{m}$; diện tích bề mặt riêng (BET) của bùn đỏ khoảng 7,3 - 34,5 m^2/g và có thể tăng lên đáng kể nếu được xử lý thích hợp; các hạt bùn đỏ có điện tích âm trong môi trường bazơ do sự hiện diện của các nhóm hydroxyl trên bề mặt của chúng, việc tạo thành các nhóm hydroxyl và điện tích bề mặt chủ yếu là do các hợp chất silica được hình thành trong quá trình tinh luyện nhôm [3].

¹Trường Đại học Thủ Dầu Một
Email: dupd@tdmu.edu.vn

Gần đây, bùn đỏ được cho là có thể được sử dụng như một vật liệu mới để xử lý nước [4]. Một trong những ứng dụng xử lý nước của bùn đỏ là làm chất hấp phụ để loại bỏ phẩm nhuộm và ion kim loại nặng khỏi dung dịch nước. Trong nghiên cứu này, chúng tôi tiến hành khảo sát khả năng hấp phụ metylen xanh (ký hiệu MX), ion Pb(II) trong dung dịch nước ở các môi trường pH khác nhau với bùn đỏ được xử lý bằng axit, hoặc nhiệt, hoặc kết hợp cả axit và nhiệt.

2. Thực nghiệm

2.1. Nguyên liệu và hóa chất

Bùn đỏ được cung cấp bởi nhà máy alumin Tân Rai (Bảo Lâm, Lâm Đồng). Metylen xanh (QuangZou, Trung Quốc), dung dịch Pb(II) được pha từ $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, (QuangZou, Trung Quốc).

2.2. Xử lý bùn đỏ

Ban đầu, bùn đỏ được sấy khô ở 105°C và rây thành hạt nhỏ ta thu được bột bùn đỏ thô (ký hiệu: BDL). Sau đó, mẫu BDL được nung ở các nhiệt độ khác nhau trong 4 giờ và ký hiệu là BDN-200, BDN-600 và BDN-1000 tương ứng với nhiệt độ nung lần lượt là 200, 600 và 1000°C .

Ngoài ra, bột bùn đỏ thô cũng được xử lý bằng cách rửa 2 lần với axit HCl (0,1 mol/L trong 4 giờ với tỷ lệ 1:25 (g/mL) về khối lượng bùn đỏ/thể tích dung dịch), cuối cùng bùn đỏ được rửa với nước cất và sấy khô ở 105°C ta thu được bùn đỏ đã được axit hóa (ký hiệu:

BDA). Mẫu BDA được hoạt hóa bằng nhiệt ở 500 và 700°C , ký hiệu tương ứng là BDA-500 và BDA-700.

Thành phần khoáng và pha tinh thể của các mẫu bùn đỏ được phân tích bằng XRD và được ghi bằng máy 8D Advance Bruker, Germany, dùng tia bức xạ CuK_α ở vùng quét góc 2θ từ 10 - 70° . Diện tích bề mặt riêng được xác định bằng phương pháp đẳng nhiệt hấp phụ-khử hấp phụ nitơ ở 77K trên máy Micromeritics Tristar 3000. Ảnh TEM được quan sát bằng máy EMLab-NIHE ở 80kV .

2.3. Khảo sát tính chất hấp phụ của bùn đỏ

Quá trình hấp phụ Pb(II) hay MX trong dung dịch nước của bùn đỏ được tiến hành trong bình cầu hai cổ (dung tích 250 mL) có gắn sinh hàn hồi lưu và đặt trên máy khuấy từ điều nhiệt (Heidolph MR Hei-Tec, Đức). Các dung dịch Pb(II) hay MX với nồng độ và pH ban đầu xác định (giá trị pH của dung dịch được điều chỉnh bằng HCl 0,1 M hay NaOH 0,1 M) được thêm vào một lượng bùn đỏ với tỷ lệ nhất định, sau đó tiến hành khuấy từ với tốc độ 500 vòng/phút trong 3 giờ ở nhiệt độ 30°C . Cuối cùng, lấy một ít dung dịch ly tâm (3000 vòng/phút, 10 phút) để loại bỏ chất hấp phụ và xác định nồng độ chất bị hấp phụ còn lại trong dung dịch. Nồng độ của dung dịch MX được xác định bằng phương pháp UV-Vis tại bước sóng $\lambda = 670\text{ nm}$ trên máy UVmini-1240 (Shimadzu, Nhật), nồng độ ion Pb(II) được xác định bằng

phương pháp AAS (bằng máy Shimadzu AA-6800 (Singapore) theo phương pháp SMEWW 3500 : 2005).

Hiệu suất hấp phụ ($H\%$) được tính theo công thức:

$$H\% = \frac{(C_o - C_e)}{C_o} 100\% .$$

Dung lượng hấp phụ q_e (mg ion Pb(II) hay metylen xanh/g chất hấp phụ) được tính theo công thức:

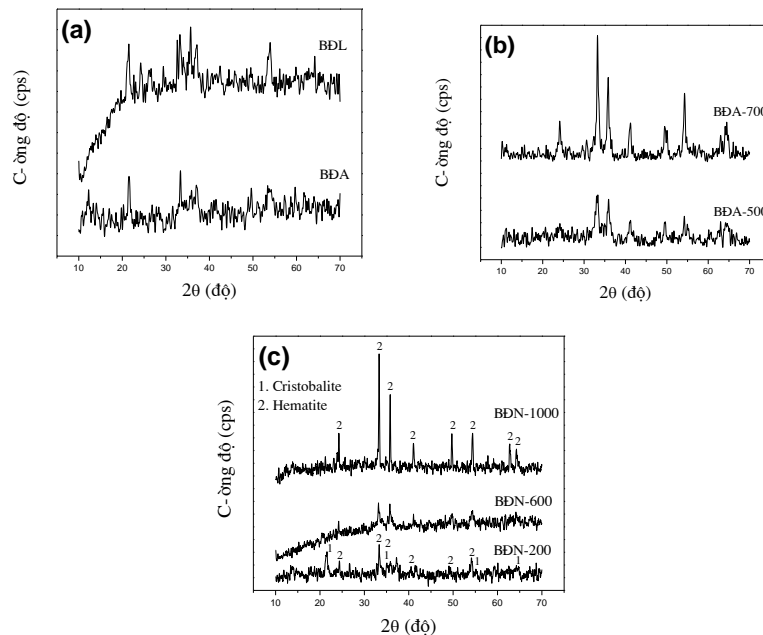
$$q_e = (C_o - C_e) \frac{V}{m}$$

Trong đó: C_o và C_e (mg/L) là nồng độ Pb(II) hay MX ở thời điểm ban đầu và thời điểm cân bằng; V (L) và m (g) lần lượt là thể tích dung dịch có chứa ion Pb(II) hay metylen xanh và khối lượng bùn đỏ dùng cho mỗi lần hấp phụ.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Tính chất của bùn đỏ được xử lý bằng các cách khác nhau

Giản đồ XRD của các mẫu bùn đỏ được chỉ ra ở hình 1. Các pha khoáng xác định được trong bùn đỏ Lâm Đồng (mẫu BDL) được chỉ ra ở hình 1.a là hematit (Fe_2O_3), Fe_2TiO_5 , goethit ($FeO(OH)$) và silic oxit (SiO_2). Các pha khoáng xác định được trong mẫu BDA (hình 1.a) là hematit (Fe_2O_3) và cristobalit (SiO_2). Tương tự mẫu BDA, mẫu BDN-200 cũng quan sát thấy có hai pha khoáng là hematit và cristobalit (hình 1.c). Việc xử lý ở nhiệt độ cao ($500 - 1000^\circ C$) làm cho các hạt bùn đỏ kết tinh lại, và do đó, pic nhiễu xạ đặc trưng cho cấu trúc tinh thể rõ ràng hơn (hình 1.b và c). Nhiễu xạ XRD của mẫu BDA-500, BDA-700, BDN-600 và BDN-1000 chỉ quan sát thấy có pha tinh thể hematit trong mẫu, điều đó cũng chứng tỏ thành phần khoáng chủ yếu của bùn đỏ Lâm Đồng là sắt oxit.



Hình 1: Giản đồ XRD của các mẫu bùn đỏ: a. Mẫu BDL và BDA; b. Mẫu BDA-500 và BDA-700; c. BDN-200, BDN-600 và BDN-1000

Diện tích bề mặt riêng xác định theo phương pháp BET của các mẫu bùn đỏ được trình bày ở bảng 1. Diện tích bề mặt riêng của mẫu BDL là 43,0 m²/g, kết quả này lớn hơn nhiều so với một số công bố khác của các mẫu bùn đỏ trên thế giới [5]. Việc axit hóa làm cho diện tích bề mặt riêng của mẫu BDA tăng lên (S_{BET} của mẫu BDA là

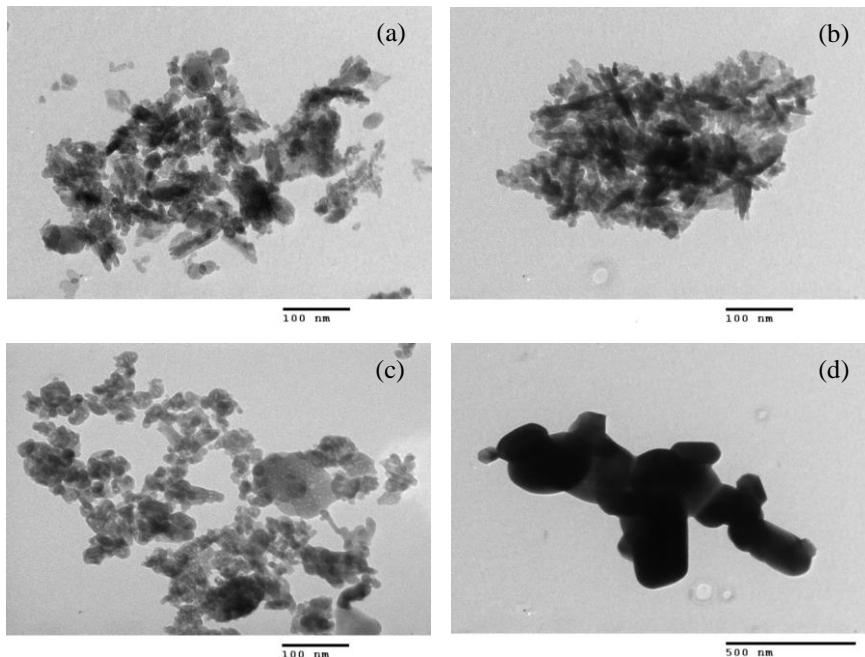
49,1 m²/g), đồng thời việc xử lý bằng cách nung ở nhiệt độ cao (ở 700 và 1000°C) làm cho các hạt bùn đỏ kết tinh lại và cũng làm giảm diện tích bề mặt của chúng (diện tích bề mặt riêng của mẫu BDA-700 và BDN-1000 tương ứng là 34,0 và 3,2 m²/g), kết quả này cũng tương tự như kết quả nghiên cứu của Liu và cộng sự [3].

Bảng 1: Diện tích bề mặt BET của các mẫu bùn đỏ

Mẫu	BDL	BDA	BDA-700	BDN-1000
S_{BET} (m ² /g)	43,0	49,1	34,0	3,2

Hình dạng và kích thước hạt của các mẫu bùn đỏ được quan sát bằng TEM trình bày ở hình 2. Quan sát hình 2.a cho thấy mẫu BDL có các hạt với hình dạng khác nhau, kích thước các hạt cỡ vài chục nm; mẫu BDA có các hạt tương đối đồng nhất và to hơn so với mẫu bùn đỏ thô (hình 2.b); bề mặt các hạt của mẫu BDA-700 (hình 2.c) trở

nên góc cạnh hơn so với mẫu BDA và các hạt kết tinh lại tạo thành hạt lớn hơn. Như vậy, việc nung ở nhiệt độ cao làm cho các hạt bùn đỏ kết tinh lại và bề mặt của các hạt trở nên góc cạnh hơn. Sự kết tinh của các hạt cũng làm giảm diện tích bề mặt của chúng. Điều này được quan sát rõ ràng đối với mẫu BDN-1000 trình bày ở hình 2.d.



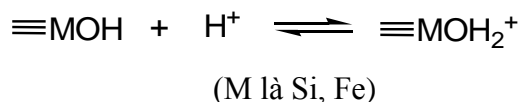
Hình 2: Ảnh TEM: a. mẫu BDL; b. mẫu BDA; c. mẫu BDA-700; d. mẫu BDN-1000

3.2. Khảo sát khả năng hấp phụ metylen xanh của bùn đỏ

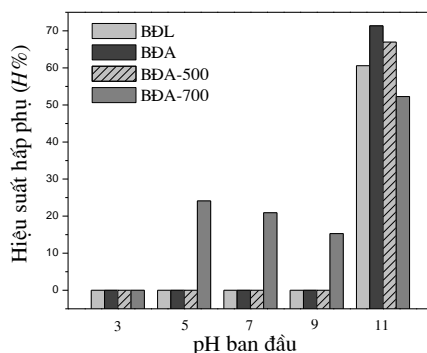
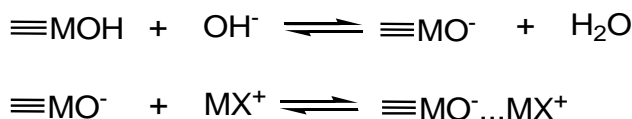
Hình 3 trình bày ảnh hưởng của pH (pH ban đầu của dung dịch MX trong khoảng từ 3 đến 11) đến hiệu suất hấp phụ MX trên bùn đỏ.

Từ hình 3 cho thấy các mẫu BDL, BDA và BDA-500 hầu như không hấp phụ MX trong khoảng pH = 3 – 9; trong khoảng pH = 5 – 9 mẫu BDA-700 có hấp phụ MX nhưng hiệu suất thấp; tại pH = 11 hiệu suất hấp phụ MX của cả 4 mẫu đều cao. Kết quả này có thể được giải thích như sau:

- Trong môi trường axit, các oxit trên bề mặt của chất hấp phụ mang tích điện dương và do đó xảy ra tương tác đẩy với các cation của MX, quá trình hấp phụ không xảy ra:



- Trong môi trường bazơ, tại pH cao hơn giá trị pH đẳng điện của chất hấp phụ (pH_{pzc}), bề mặt của chất hấp phụ tích điện âm và do đó xảy ra tương tác hút với các cation MX, quá trình hấp phụ xảy ra:

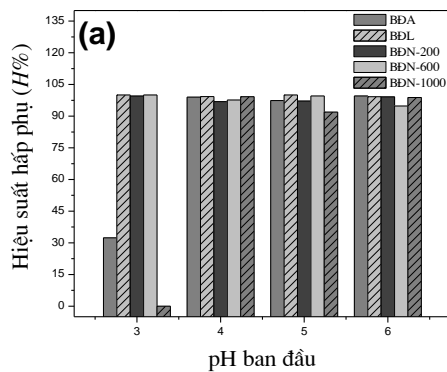


Hình 3: Ảnh hưởng của pH ban đầu đến hiệu suất hấp phụ MX trên bùn đỏ (liều lượng chất hấp phụ 6 g/L, nồng độ của MX 4 mg/L)

Giá trị pH_{pzc} của bùn đỏ thường vào khoảng 8,5 [6]. Tuy nhiên, theo kết quả nghiên cứu của tác giả Phạm Xuân Cường và cộng sự [7-8] khi tiến hành chế tạo vật liệu BVNQ bằng cách trộn bùn đỏ (Bảo Lâm, Lâm Đồng) đã được nghiền nhỏ với thủy tinh lỏng (Na_2SiO_3) thì pH_{pzc} của vật liệu thu

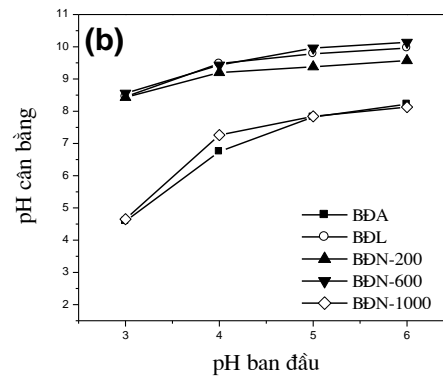
được có giá trị là 9,8. Ở đây, tại pH = 9 quá trình hấp phụ hầu như cũng không xảy ra, vấn đề có thể giải thích là do giá trị pH_{pzc} của bùn đỏ Lâm Đồng cao. Tại pH = 11, hiệu suất hấp phụ của mẫu BDA cao hơn mẫu BDL, điều này có thể được giải thích là do diện tích bề mặt của chất hấp phụ được tăng lên khi

tiến hành hoạt hóa bùn đỏ bằng axit (xem bảng 1); hiệu suất hấp phụ của mẫu BĐA-500 và BĐA-700 thấp hơn có thể được giải thích là do việc nung ở nhiệt độ cao làm giảm các nhóm hydroxyl bề mặt nên quá trình tích điện âm bề mặt xảy ra khó khăn hơn, hơn nữa diện tích bề mặt giảm khi nung (xem bảng 1) cũng làm hiệu suất hấp phụ thấp hơn. Tuy nhiên việc nung ở nhiệt độ cao cũng làm xuất hiện các tâm hoạt hóa nên mẫu BĐA-700 có khả năng hấp phụ MX ở pH thấp (pH = 5 – 9). Trong phần tiếp theo, quá trình hấp phụ MX được thực hiện tại pH = 5 đối với mẫu BĐA-700.



3.3. Khảo sát khả năng hấp phụ Pb(II) của bùn đỏ

Kết quả khảo sát khả năng hấp phụ Pb(II) của bùn đỏ trong môi trường nước tại các giá trị pH ban đầu của dung dịch Pb(II) khác nhau được trình bày ở hình 4. Từ hình 4.a cho thấy hiệu suất hấp phụ Pb(II) của mẫu BĐL, BĐN-200 và BĐN-600 ở tất cả các giá trị pH khảo sát (pH ban đầu từ 3 đến 6) đều xấp xỉ 100%. Tuy nhiên quan sát hình 4.b cho thấy giá trị pH cân bằng của các mẫu này đều lớn hơn 8. Như vậy, hiệu suất hấp phụ cao của các mẫu này có thể giải thích là do bên cạnh quá trình hấp phụ còn xảy ra quá trình kết tủa.



Hình 4: Hoạt tính hấp phụ Pb(II) của bùn đỏ ở các giá trị pH ban đầu khác nhau: a. Hiệu suất hấp phụ; b. pH cân bằng (liều lượng chất hấp phụ 2 g/L, nồng độ của ion Pb(II) 1,36 mg/L)

Đối với mẫu BĐA và BĐN-1000 cho thấy hiệu suất hấp phụ tại pH ban đầu bằng 3 rất thấp, sau đó tăng vọt và đạt hiệu suất ~100% ở pH ban đầu bằng 4, ở pH ban đầu bằng 5 hiệu suất hấp phụ giảm nhẹ, cuối cùng lại đạt giá trị ~100% ở pH ban đầu bằng 6. Tại giá trị

pH ban đầu bằng 6 hiệu suất hấp phụ của mẫu BĐA và BĐN-1000 đạt giá trị ~100% có thể được giải thích tương tự như trên, nghĩa là bên cạnh quá trình hấp phụ còn xảy ra quá trình kết tủa, điều này được chứng minh bằng giá trị pH cân bằng của hai mẫu này trình bày

ở hình 4.b. Kết quả thu được cho thấy quá trình hấp phụ Pb(II) của mẫu BDA và BDN-1000 xảy ra tại pH ban đầu của dung dịch bằng 4 là tốt nhất, kết quả này cũng tương đồng với kết quả nghiên cứu của Sahu và cộng sự [9]. Trong phần tiếp theo, chúng tôi sử dụng mẫu BDA để khảo sát quá trình hấp phụ

Pb(II) trong môi trường nước tại giá trị pH ban đầu của dung dịch bằng 4.

3.4. *Đẳng nhiệt hấp phụ*

Ở đây, chúng tôi sử dụng ba mô hình đẳng nhiệt hấp phụ phổ biến để nghiên cứu đẳng nhiệt hấp phụ đó là Freundlich, Langmuir và Sips (xem bảng 2).

Bảng 2: Phương trình các mô hình đẳng nhiệt

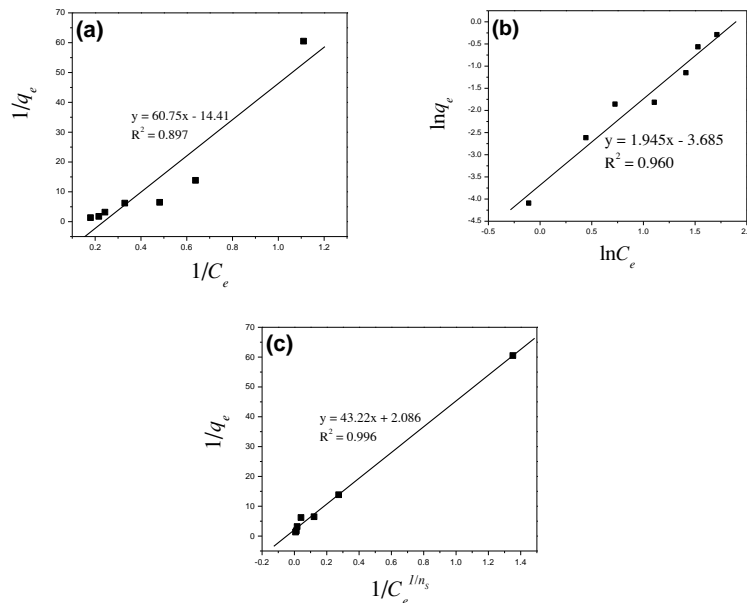
Mô hình	Dạng phi tuyến	Dạng tuyến tính	Đồ thị
Freundlich	$q_e = K_F C_e^{1/n}$	$\ln q_e = \ln K_F + \frac{1}{n} \ln C_e$	$\ln q_e$ theo $\ln C_e$
Langmuir	$q_e = \frac{q_m K_L C_e}{1 + K_L C_e}$	$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{K_L q_m} \cdot \frac{1}{C_e} + \frac{1}{q_m}$	$\frac{1}{q_e}$ theo $\frac{1}{C_e}$
Sips	$q_e = \frac{q_{mS} K_S C_e^{1/n_S}}{1 + K_S C_e^{1/n_S}}$	$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{K_S q_{mS}} \cdot \frac{1}{C_e^{1/n_S}} + \frac{1}{q_{mS}}$	$\frac{1}{q_e}$ theo $\frac{1}{C_e^{1/n_S}}$

Trong đó: q_e là dung lượng hấp phụ tại thời điểm cân bằng của mỗi thí nghiệm ($mg.g^{-1}$); C_e là nồng độ của chất bị hấp phụ tại thời điểm cân bằng ($mg.L^{-1}$); K_F và n là hằng số hấp phụ Freundlich; q_m là dung lượng hấp phụ cực đại đơn lớp ($mg.g^{-1}$); K_L là hằng số hấp phụ Langmuir ($L.mg^{-1}$); q_{mS} là dung lượng hấp phụ cực đại Sips ($mg.g^{-1}$); K_S là hằng số cân bằng Sips ($L^{1/n_S}.mg^{(1/n_S-1)}$) và n_S là hệ số trong mô hình Sips.

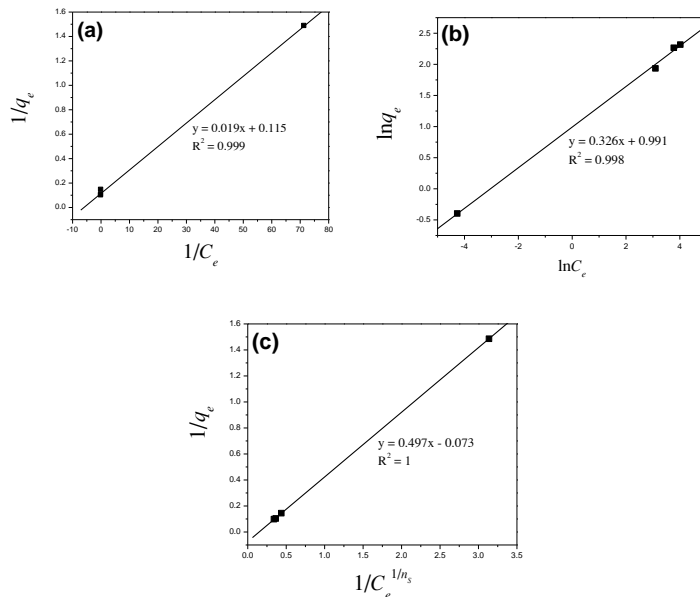
Đồ thị dạng tuyến tính của mô hình Sips có chứa một tham số chưa biết (n_S), do đó, để xác định các tham số của mô hình Sips theo dạng tuyến tính chúng tôi sử dụng chương trình Solver Add-Ins của Microsoft Excel nhằm xác định tham số chưa biết của mô hình sao cho hệ số tương quan (R^2) là cao nhất. Sau đó, xác định các tham số còn lại

dựa vào phương trình đường thẳng hồi quy tuyến tính.

Dữ liệu đẳng nhiệt hấp phụ metylen xanh và Pb(II) trong môi trường nước của bùn đỏ được phân tích với ba mô hình đẳng nhiệt dạng tính ở trên được mô tả ở hình 5 và hình 6, các kết quả được liệt kê ở bảng 3.



Hình 5: Đồ thị đẳng nhiệt hấp phụ dạng tuyến tính phù hợp với dữ liệu hấp phụ phumetylen xanh trên BDA-700: a. Langmuir; b. Freundlich và c. Sips



Hình 6: Đồ thị đẳng nhiệt hấp phụ dạng tuyến tính phù hợp với dữ liệu hấp phụ Pb(II) trên BDA: a. Langmuir; b. Freundlich và c. Sips

Từ bảng 3 ta thấy mô hình Langmuir không thích hợp để mô tả quá trình hấp phụ MX trên bùn đỏ vì các thông số thu được có giá trị âm. Mô hình Sips và Freundlich cho các giá trị

R^2 cao ($R^2 > 0,96$) chứng tỏ mô hình Sips và Freundlich thích hợp để mô tả quá trình hấp phụ MX trên mẫu bùn đỏ đã khảo sát. Dung lượng hấp phụ cực

đại tính theo mô hình Sips (q_{ms}) của mẫu BDA-700 là 0,479 mg/g.

Theo Halsey [10], dung lượng hấp phụ cực đại tính theo mô hình Freundlich được xác định dựa vào phương trình:

$$q_{max} = K_F C_o^{1/n}$$

Ở đây, C_o là nồng độ ban đầu của dung dịch phẩm nhuộm (mg/L) và q_{max} là dung lượng hấp phụ cực đại Freundlich (mg/g).

Kết quả thực hiện ở nồng độ MX ban đầu $C_o = 4 \text{ mg/L} = \text{const}$ với lượng chất hấp phụ thay đổi 4 – 10 g/L được trình bày ở hình 7. Từ phương trình đường thẳng hồi quy ta xác định được n và K_F .

Vậy dung lượng hấp phụ cực đại MX của mẫu BDA-700 là:

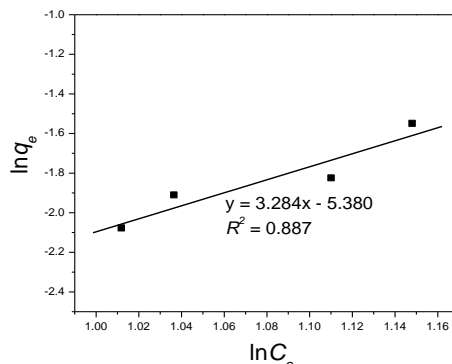
$$q_{max} = K_F C_o^{1/n} = 0,005.4^{(1/0,305)} \approx 0,437 \text{ (mg/g)}$$

Kết quả này cũng tương đồng với kết quả tính theo mô hình Sips.

Bảng 3: Các tham số đẳng nhiệt dạng tuyến tính phù hợp với dữ liệu hấp phụ metylen xanh và Pb(II) trong dung dịch nước

Mô hình đẳng nhiệt	Tham số	Metylen xanh	Pb(II)
Langmuir	q_m (mg/g)	(-)	8,696
	K_L (L/mg)	(-)	6,053
	R^2	0,897	0,999
Freundlich	n	0,514	3,067
	K_F ($\text{mg}^{(1-1/n)} \cdot \text{L}^{1/n} \cdot \text{g}^{-1}$)	0,025	2,694
	R^2	0,960	0,998
Sips	q_{ms} (mg/g)	0,479	(-)
	K_S ($\text{L}^{1/n_S} \cdot \text{mg}^{(1/n_S-1)}$)	0,048	(-)
	n_S	0,347	3,734
	R^2	0,996	1,000

(-): Giá trị âm.



Hình 7: Đồ thị đẳng nhiệt hấp phụ Freundlich dạng tuyến tính phù hợp với dữ liệu hấp phụ MX bằng mẫu BDA-700 khi thay đổi lượng chất hấp phụ (nồng độ của MX 4 mg/L, nhiệt độ 30°C, thời gian khuấy 3h, pH dung dịch MX ban đầu 5)

Từ bảng 3 ta cũng thấy, đối với quá trình hấp phụ Pb(II) trên BDA, mô hình Sips có giá trị hệ số tương quan $R^2 = 1$, tuy nhiên tham số q_{ms} và K_S tính được có giá trị âm, do đó mô hình Sips không thích hợp để mô tả quá trình hấp phụ Pb(II) trên bùn đỏ. Đối với mô hình Langmuir và Freundlich, giá trị R^2 đều rất cao ($R^2 > 0,99$) chứng tỏ cả hai mô hình này đều thích hợp để mô tả quá trình hấp phụ Pb(II) trên bùn đỏ. Giá trị

dung lượng hấp phụ cực đại tính theo mô hình Langmuir là 8,696 mg/g.

Bảng 4 và 5 so sánh dung lượng hấp phụ MX và Pb(II) của một số loại bùn đỏ trên thế giới và bùn đỏ trong nghiên cứu này. Qua bảng 4 và 5 cho thấy có thể sử dụng bùn đỏ Lâm Đồng làm chất hấp phụ để loại bỏ MX hay Pb(II) trong môi trường nước.

Bảng 4: Dung lượng hấp phụ MX của một số loại bùn đỏ trên thế giới

Chất hấp phụ	Nhiệt độ (°C)	Dung lượng hấp phụ (mg/g)	TLTK
BDA-700	30	0,479* 0,437**	Của nghiên cứu này
RM-H ₂ O ₂	30	16,72	[11]
RM	-	0,74	[11]
RM	30	2,45	[11]
RM-Heat	30	0,48	[11]
RM-HNO ₃	30	1,02	[11]

(-): không báo cáo; (*): xác định theo mô hình Sips; (**): xác định theo mô hình Freundlich.

Bảng 5: Dung lượng hấp phụ Pb(II) của một số loại bùn đỏ trên thế giới

Chất hấp phụ	Nhiệt độ (°C)	pH	Dung lượng hấp phụ (mg/g)	TLTK
BDA	30	4	8,696	Của nghiên cứu này
RM-HCl	25	5-5,5	173,4	[2]
RM	-	5,5-5,9	1,88	[2]
RM-HCl	-	5,5-5,9	0,77	[2]
RM-H ₂ O ₂ -Heat	30-50	4-6	66,9-71,3	[2]
RM-HCl-Heat	30	4	6,03	[9]

(-): không báo cáo.

4. Kết luận

Bùn đỏ Lâm Đồng có thành phần chính là sắt oxit với diện tích bề mặt riêng lớn ($S_{\text{BET}} = 43,0 \text{ m}^2/\text{g}$). Việc xử lý bùn đỏ bằng cách rửa với axit HCl làm cho diện tích bề mặt tăng (S_{BET} của mẫu BĐA là $49,1 \text{ m}^2/\text{g}$), còn việc xử lý bằng cách nung hay kết hợp rửa bằng axit rồi nung làm cho diện tích bề mặt giảm vì sự kết tinh của các hạt bùn đỏ.

Khảo sát quá trình hấp phụ MX cho thấy các mẫu bùn đỏ đều có khả năng hấp phụ MX tại $\text{pH} = 11$, trong đó mẫu BĐA có khả năng hấp phụ cao nhất. Tại các giá trị pH thấp hơn ($\text{pH} = 5 - 9$) mẫu BĐA-700 cũng có khả năng hấp

phụ MX. Quá trình hấp phụ MX trên BĐA-700 tại $\text{pH} = 5$ tuân theo mô hình Sips và Freundlich với dung lượng hấp phụ cực đại tương ứng là 0,479 và 0,437 mg/g.

Đối với quá trình hấp phụ Pb(II) cho thấy bên cạnh quá trình hấp phụ còn xảy ra quá trình kết tủa hydroxit (do pH cân bằng cao). Quá trình hấp phụ xảy ra tốt nhất ở pH ban đầu của dung dịch bằng 4 đối với mẫu BĐA và BĐN-1000. Sự hấp phụ Pb(II) của mẫu BĐA ở $\text{pH} = 4$ tuân theo mô hình Langmuir và Freundlich với dung lượng hấp phụ cực đại tính theo phương trình Langmuir là 8,696 mg/g.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. AtasoyA.(2005), *An investigation on characterization and thermal analysis of the Aughinish red mud*, J. Therm. Anal. Calorim. Vol. 81, pp. 357–361
2. Wang S., Ang H. M., Tade M. O. (2008), *Novel applications of red mud as coagulant, adsorbent and catalyst for environmentally benign processes-Review*, Chemosphere 72, pp. 1621–1635
3. LiuY., NaiduR., MingH. (2011), *Red mud as an amendment for pollutants in solid and liquid phases-Review*, Geoderma 163, pp. 1–12
4. PulfordI. D., HargreavesJ. S. J., DurisováJ., KramulovaB., GirardC., BalakrishnanM., BatraV. S., RicoJ. L.(2012), *Carbonised red mud-A new water treatment product made from a waste material*, J. Environ. Manage. 100, pp. 59-64
5. SnarsK., GilkesR. J.(2009), *Evaluation of bauxite residues (red muds) of different origins for environmental applications*, Appl. Clay Sci. 46, pp. 13–20
6. TorA., CengelogluY.(2006), *Removal of Congo Red From Aqueous Solution By Adsorption Onto Acid Activated Red Mud*, J. Hazard. Mater. B138, pp. 409–415

7. Phạm Xuân Cường, Nguyễn Trung Minh, Nguyễn Đức Chuy (2013), “Xử lý ô nhiễm kim loại nặng Cadimi (Cd^{2+}) bằng hạt vật liệu chế tạo từ bùn đỏ theo phương pháp hấp phụ cột”, *Tạp chí Xúc tác và Hấp phụ*, T2. (N⁰4), tr. 46-51

8. Phạm Xuân Cường, Nguyễn Trung Minh, Nguyễn Đức Chuy, Nguyễn Ngọc Hà (2013), “Nghiên cứu tổng hợp và khảo sát ảnh hưởng của khối lượng hạt vật liệu chế tạo từ bùn đỏ đến khả năng hấp phụ các kim loại nặng và asen”, *Tạp chí Xúc tác và Hấp phụ*, T2. (N⁰4), tr. 52-58

9. SahuM. K., MandalS., DashS. S., BadhaiP., PatelR. K. (2013), *Removal of Pb(II) from aqueous solution by acid activated red mud*, J. Environ. Chem. Eng. 1, pp. 1315–1324

10. Halsey G. D. (1952), *The Role of Surface Heterogeneity In Adsorption*, Adv. Catal. 4, pp. 259-269

11. Wang S., Boyjoo Y., Choueib A., Zhu Z. H. (2005), *Removal of dyes from aqueous solution using fly ash and red mud*, Water Research 39, pp. 129-138

AN INVESTIGATION INTO ADSORPTION PROPERTIES OF LAM DONG RED MUD

ABSTRACT

In this study, different methods for the activation of Lam Dong red mud including acidification, heat activation, and a combination of acid and heat treatments, were applied to adsorb Pb(II) and methylene blue in an aqueous solution. The effects of activation methods on physiochemical properties of red mud were characterized by XRD, BET and TEM. The effects of initial pH solution on the percentage removal were discussed. The models of isotherm adsorption including Langmuir, Freundlich and Sips in linear forms were applied for the analysis of experimental data.

Keywords: *Red mud, treatment, adsorption, Pb(II), methylene blue*

(Received: 2/6/2016, Revised: 23/2/2017, Accepted for publication: 12/12/2017)