



## Nghiên cứu khả năng xử lý ion $Pb^{2+}$ trong nước bằng sericit ở mỏ Sơn Bình, Hà Tĩnh Removal of $Pb^{2+}$ from aqueous solution using sericite from Son Binh, Ha Tinh

Võ Thị Hạnh<sup>1,2\*</sup>, Lê Thị Duyên<sup>1,2</sup>, Nguyễn Thị Thanh Thảo<sup>3</sup>, Đỗ Thị Hải<sup>1</sup>, Nguyễn Mạnh Hà<sup>1</sup>, Vũ Thị Minh Hồng<sup>1</sup>, Bùi Hoàng Bắc<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Khoa Khoa học cơ bản, Trường Đại học Mở - Địa Chất

<sup>2</sup>Trung tâm Phân Tích, Thí nghiệm công nghệ cao, Trường Đại học Mở - Địa Chất

<sup>3</sup>Khoa khoa học và Kỹ Thuật địa chất, Trường Đại học Mở - Địa Chất

\*Email: [vothi.hanh@humg.edu.vn](mailto:vothi.hanh@humg.edu.vn)

### ARTICLE INFO

Received: 11/11/2021

Accepted: 30/12/2021

Published: 10/01/2022

#### Keywords:

Sericite, adsorption, removal of  $Pb^{2+}$  ion.

### ABSTRACT

Sericite sample from Son Binh, Huong Son, Ha Tinh was used to remove  $Pb^{2+}$  ion from aqueous solution. The effects of factors including pH, contact time, mass of serisite and  $Pb^{2+}$  initial concentration on the adsorption  $Pb^{2+}$  efficiency and capacity were investigated. The results showed that the adsorption capacity and removal efficiency of  $Pb^{2+}$  reached 2,54 mg/g and 89 % at the suitable conditions: 0.7g sericite,  $Pb^{2+}$  intinal concentration of 40 mg/L and contact time 60 minutes at room temperature (25°C) and  $pH_0$  5,3. The adsorption process follows the Langmuir adsorption isotherm model with the maximum monolayer adsorption capacity of 5.52 mg/g and follows the pseudosecond-order kinetic equation.

### Giới thiệu chung

Ở nước ta, sericit là một loại khoáng sản khá mới và là một dạng nguyên liệu khoáng có giá trị kinh tế lớn. Năm 2002, Viện Địa chất thuộc Trung tâm KHTN & CNQG tiến hành khảo sát khoáng hóa sericit ở một số vùng và được tìm thấy ở một số nơi như La Vang - Quảng Trị, Bình Liêu - Quảng Ninh, Hương Sơn - Hà Tĩnh,... [1-3]. Điều này cho thấy, đây là nguồn nguyên liệu tự nhiên khá dồi dào trong nước, thuận lợi cho việc nghiên cứu.

Sericit có công thức hóa học  $KAl_2(OH)_2(AlSi_3O_{10})$ , là một trong các khoáng chất có nhiều tính năng đặc biệt, được ứng dụng nhiều trong các ngành công nghiệp với vai trò là chất độn, chất phủ bề mặt, chất làm tương nở, đặc biệt gần đây được nghiên cứu và định hướng ứng dụng trong lĩnh vực môi trường. Bề

mặt sericit có nhóm silanol và nhóm aluminol đóng vai trò như hai nhóm hoạt động bề mặt khác nhau, chịu trách nhiệm hấp phụ [4]. Do đó sericit có khả năng hấp phụ cao. Ngoài ra, sericit có tính ổn định hóa học và sẵn có, nên sericit được các nhà khoa học nghiên cứu để loại bỏ các ion kim loại nặng, một số chất hữu cơ, cũng như các anion độc hại có nồng độ cao vượt quá tiêu chuẩn cho phép trong nước.

Sericit được dùng trong xử lý nước thải nhiễm  $Pb^{2+}$  với dung lượng hấp phụ đạt 4,697 mg/g [5]. Nhà khoa học người Hàn Quốc đã kết hợp sericit và chitosan để tạo ra vật liệu mới thể loại bỏ 99% ion  $Pb^{2+}$  trong vòng 30 phút [6]. Năm 2019, các nhà khoa học kết hợp serisit với vỏ trứng gà để làm tăng diện tích bề mặt vật liệu lên 13 lần, từ đó có khả năng hấp phụ ion  $Pb^{2+}$  tốt hơn, hiệu suất loại bỏ  $Pb^{2+}$  có thể đạt tới 99,79% [7]. Ngoài ra, sericit còn được các nhà khoa học dùng để

xử lý kim loại nặng khác như: xử lý  $\text{Cu}^{2+}$  với dung lượng hấp phụ đạt 1,674 mg/g [5]; xử lý  $\text{Ni}^{2+}$  với hiệu suất đạt 93% [8, 9]; xử lý  $\text{Pb}^{2+}$  và  $\text{Mn}^{2+}$ , cho thấy tại pH 6 có 80%  $\text{Pb}^{2+}$  và 72%  $\text{Mn}^{2+}$  được loại bỏ và khả năng hấp phụ tăng khi pH tăng [10].

Trên cơ sở phân tích kết quả nghiên cứu của các nhà khoa học trong nước, chúng tôi nhận thấy các nghiên cứu về ứng dụng của sericit mới chỉ dừng lại trong việc nghiên cứu sử dụng làm chất độn gia cường cho vật liệu polyme [11] và cho cao su thiên nhiên [12]. Còn trong lĩnh vực xử lý môi trường, ở trong nước chưa thấy có công trình nào công bố. Do đó, trong bài báo này, nối tiếp các nghiên cứu về sericit [13-14] và các nghiên cứu về xử lý ion  $\text{Pb}^{2+}$  bằng các vật liệu khác nhau [15-18], chúng tôi giới thiệu kết quả nghiên cứu sử dụng sericit tự nhiên ở vùng Sơn Bình - Hà Tĩnh để xử lý ion  $\text{Pb}^{2+}$ . Các yếu tố ảnh hưởng đến dung lượng và hiệu suất hấp phụ như pH, thời gian tiếp xúc, nồng độ ion  $\text{Pb}^{2+}$  ban đầu, khối lượng chất hấp phụ đã được nghiên cứu. Đồng thời bài báo còn nghiên cứu đường đẳng nhiệt hấp phụ theo mô hình Langmuir và Freundlich, cũng như nghiên cứu động học của quá trình hấp phụ.

## Thực nghiệm và phương pháp nghiên cứu

### Vật liệu sericit tự nhiên ở mỏ Sơn Bình - Hà Tĩnh

Mẫu nghiên cứu được lấy sau công đoạn tuyển của mỏ sericit vùng Sơn Bình, Hương Sơn, Hà Tĩnh. Sau đó, các mẫu được trộn đều và được tách lọc ở các cỡ hạt < 20  $\mu\text{m}$  theo phương pháp phân tích rây theo một số cấp hạt và phân cấp thủy lực theo phương pháp lắng tự nhiên. Mẫu sau khi tách được sấy khô ở nhiệt độ 60°C trong 48h và được sử dụng để nghiên cứu các đặc trưng hóa lý như thành phần pha bằng giản đồ nhiễu xạ tia X và thành phần hóa học bằng đo phổ tán xạ năng lượng tia X (EDS) và khối phổ cảm ứng Plasma (ICP-MS).

### Xác định $\text{pH}_{\text{PZC}}$ của vật liệu sericit

Giá trị pH mà tại đó bề mặt sericit trung hòa điện tích ( $\text{pH}_{\text{PZC}}$ ) được xác định bằng phương pháp đo độ lệch pH. Trong phương pháp này 0,25 g nguyên liệu sericit được cho vào 50 mL dung dịch KCl 0,01 M có pH ban đầu ( $\text{pH}_0$ ) khác nhau, được điều chỉnh bằng dung dịch HCl 0,01 M hoặc NaOH 0,01 M. Hỗn hợp sau đó được khuấy bằng máy khuấy ở tốc độ 800 vòng/phút trong 30 phút. Cuối cùng, lọc lấy dung dịch và xác định lại pH ( $\text{pH}_s$ ) của nước lọc, từ đó tính  $\Delta\text{pH}$  và vẽ đồ thị

biểu diễn sự biến đổi của  $\Delta\text{pH}$  theo  $\text{pH}_0$ . Giá trị  $\text{pH}_{\text{PZC}}$  là  $\text{pH}_0$  tại đó  $\Delta\text{pH} = 0$ .

$$\Delta\text{pH} = \text{pH}_0 - \text{pH}_s \quad (1)$$

### Xử lý ion $\text{Pb}^{2+}$ trong nước của vật liệu sericit

Khả năng hấp phụ  $\text{Pb}^{2+}$  của bột sericit được nghiên cứu bằng cách cho một lượng bột sericit đã được nghiên cứu ở trên vào bình chứa 50 ml dung dịch giả thải chứa ion  $\text{Pb}^{2+}$  ở các điều kiện cần nghiên cứu. Dung dịch giả thải được chuẩn bị trong phòng thí nghiệm, sử dụng muối  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  hòa tan vào nước ở các nồng độ khác nhau, dung dịch được điều chỉnh pH bằng dung dịch HCl 0,01 M hoặc NaOH 0,01 M.

Các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình hấp phụ như: thời gian tiếp xúc, pH, khối lượng chất hấp phụ, nồng độ dung dịch  $\text{Pb}^{2+}$  ban đầu đã được khảo sát theo số liệu ở Bảng 1. Các thực nghiệm được tiến hành bằng cách cho một lượng sericit vào bình chứa 50 mL dung dịch  $\text{Pb}^{2+}$  có nồng độ ban đầu thay đổi từ 10 ÷ 60 mg/L, thời gian hấp phụ biến đổi từ 5 ÷ 100 phút, pH của dung dịch được khảo sát từ 4,0 ÷ 6,8, khối lượng bột sericit thay đổi 0,1 ÷ 1,1 g. Hỗn hợp sau đó được khuấy bằng máy khuấy từ với tốc độ 800 vòng/phút. Sau khi hấp phụ, lọc tách chất rắn, lấy phần dung dịch để định lượng ion  $\text{Pb}^{2+}$  còn lại bằng phương pháp khối phổ cảm ứng Plasma (ICP-MS).

Bảng 1: Các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình hấp phụ ion  $\text{Pb}^{2+}$  của sericit

STT	Thời gian tiếp xúc (phút)	pH dung dịch giả thải	Khối lượng chất hấp phụ (g)	Nồng độ dung dịch $\text{Pb}^{2+}$ ban đầu (M)
1	5	4,0	0,1	10
2	10	4,8	0,3	20
3	20	5,4	0,5	30
4	30	6,2	0,7	40
5	60	6,5	0,9	50
6	100	6,8	1,1	60

Dung lượng hấp phụ và hiệu suất hấp phụ được xác định bằng phương trình (2) và (3).

$$Q = (C_0 - C) \cdot V/m \quad (2)$$

$$H = (C_0 - C) \cdot 100/C_0 \quad (3)$$

Trong đó: Q (mg/g) và H (%) lần lượt là dung lượng hấp phụ và hiệu suất hấp phụ; C<sub>0</sub> (mg/L) và C (mg/L) lần lượt là nồng độ ion Pb<sup>2+</sup> ban đầu và còn lại sau hấp phụ; V là thể tích dung dịch hấp phụ (L); m là khối lượng bột sericit (g).

Khả năng hấp phụ Pb<sup>2+</sup> của bột sericit được tính toán dựa trên đường hấp phụ đẳng nhiệt Langmuir và Freundlich.

Phương trình tuyến tính Langmuir:

$$\frac{C_e}{Q} = \frac{C_e}{Q_m} + \frac{1}{K_L \cdot Q_m} \quad (4)$$

Phương trình tuyến tính Freundlich:

$$\ln Q = \ln K_F + \frac{1}{n} \ln(C_e) \quad (5)$$

Với C<sub>e</sub> (mg/L) là nồng độ ion Pb<sup>2+</sup> ở trạng thái cân bằng, Q (mg/g) là dung lượng hấp phụ ở trạng thái cân bằng, Q<sub>m</sub> (mg/g) là dung lượng hấp phụ cực đại, K<sub>L</sub> là hằng số Langmuir, K<sub>F</sub> và n là các hằng số Freundlich.

Động học của quá trình hấp phụ được nghiên cứu theo hai mô hình động học: mô hình giả bậc 1 (phương trình 6) và mô hình giả bậc 2 (phương trình 7).

$$\ln(Q_e - Q_t) = \ln Q_e - k_1 t \quad (6)$$

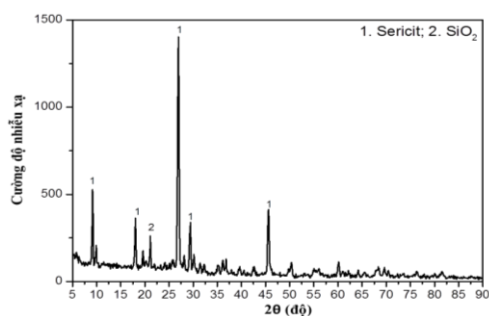
$$t/Q_t = t/Q_e + 1/(k_2 \cdot Q_e) \quad (7)$$

Trong đó Q<sub>e</sub> là dung lượng hấp phụ ở trạng thái cân bằng (mg/g), Q<sub>t</sub> là dung lượng hấp phụ ở thời điểm t (mg/g), k<sub>1</sub> và k<sub>2</sub> lần lượt là các hằng số tốc độ bậc 1 (phút<sup>-1</sup>) và bậc 2 (g/mg/phút).

## Kết quả và thảo luận

### Đặc điểm của vật liệu sericit vùng Sơn Bình - Hà Tĩnh

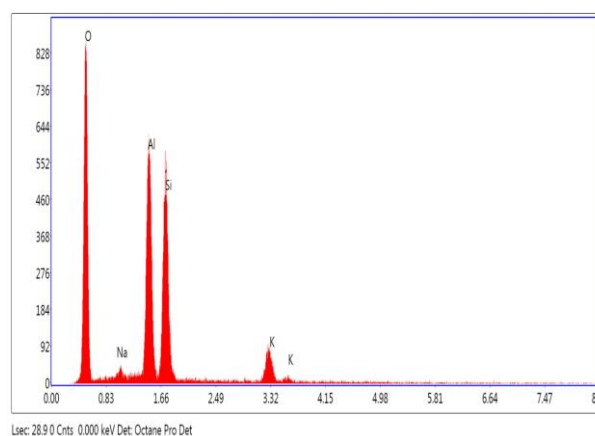
Sericit được xác định thành phần pha bằng giản đồ nhiễu xạ tia X (hình 1).



Hình 1: Giản đồ nhiễu xạ tia X của sericit

Từ giản đồ XRD cho thấy xuất hiện các pic đặc trưng cho pha của sericit và ngoài ra còn có pha của SiO<sub>2</sub> mà không thấy sự có mặt của các pha khác. Các vạch nhiễu xạ đặc trưng cơ bản nhất của sericit ở vị trí góc nhiễu xạ 2θ ≈ 9; 18; 27; 29 và 45° và một số các vạch đặc trưng khác với cường độ nhỏ hơn ở vị trí 2θ ≈ 20; 36; 50 và 60°.

Thành phần hóa học của sericit được xác định bằng phổ tán xạ năng lượng tia X (EDS) và khối phổ cảm ứng Plasma (ICP-MS). Trên phổ EDS giản đồ (hình 2) quan sát thấy những pic đặc trưng cho các nguyên tố có trong thành phần của bột sericit là Al, Si, K, Na và O với hàm lượng % về khối lượng các nguyên tố được thể hiện trên bảng 2. Ngoài ra, kết quả phân tích ICP - MS đơn khoáng cho thấy hàm lượng K<sub>2</sub>O từ 9,05 đến 10,40%; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> từ 35,51 đến 37,10%; SiO<sub>2</sub> từ 45,05 đến 47,08%; Na<sub>2</sub>O từ 4,50 đến 5,01%. Các thành phần hoá học chính như SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>O và Na<sub>2</sub>O trong khoáng sericit Sơn Bình đều có giá trị xấp xỉ hàm lượng lý thuyết của khoáng vật.



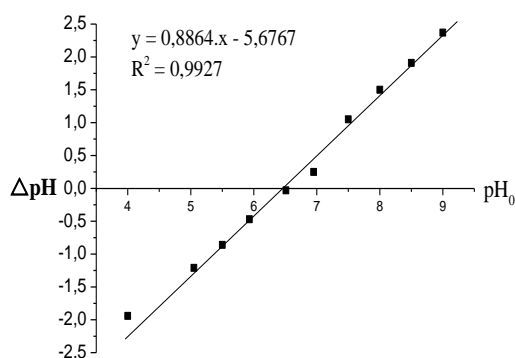
Hình 2: Phổ EDX của bột sericit

Bảng 2: Thành phần các nguyên tố có trong mẫu sericit

Nguyên tố	% Khối lượng	% Nguyên tử
O	47,87	62,26
Si	21,71	16,08
Al	21,36	16,47
K	8,10	4,31
Na	0,96	0,87

### Xác định pH<sub>PZC</sub> của vật liệu sericit

Sự biến đổi của ΔpH theo pH<sub>0</sub> được giới thiệu trên hình 3. Từ đồ thị nhận thấy ΔpH = 0 tại giá trị pH<sub>0</sub> bằng 6,44. Điều này có nghĩa là pH<sub>PZC</sub> (giá trị pH tại đó bề mặt trung hòa điện tích) của sericit bằng 6,44.



Hình 3: Sự biến đổi  $\Delta pH$  theo  $pH_0$

### Khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến khả năng xử lý $Pb^{2+}$ của sericit

#### Ảnh hưởng của thời gian tiếp xúc

Ảnh hưởng của thời gian tiếp xúc đến hiệu suất và dung lượng hấp phụ  $Pb^{2+}$  của 0,7 g bột sericit theo thời gian được thể hiện trên bảng 3. Kết quả cho thấy khi thời gian tiếp xúc tăng, dung lượng và hiệu suất hấp phụ tăng. Trong khoảng thời gian khảo sát từ 5 phút đến 100 phút, dung lượng và hiệu suất hấp phụ tăng dần ở 60 phút đầu, sau đó tăng chậm và gần như ổn định, do sự hấp phụ đạt tới trạng thái cân bằng. Do vậy, thời gian 60 phút được lựa chọn để xử lý  $Pb^{2+}$ .

Bảng 3: Sự biến đổi dung lượng và hiệu suất hấp phụ theo thời gian tiếp xúc

$m_{sericit} = 0,7$  g;  $C_0 = 40$  mg/L;  $pH_0 = 5,3$ ;  $T = 25^\circ C$

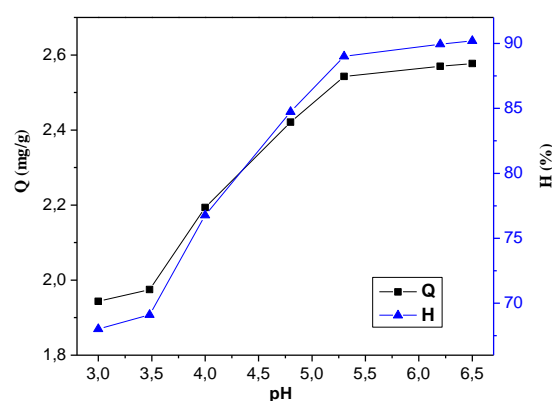
t (phút)	$C_e$ (mg/L)	Q (mg/g)	H (%)
5	20,15	1,42	49,63
10	11,49	2,04	71,28
20	7,84	2,30	80,40
30	4,95	2,50	87,63
60	4,40	2,54	89,00
100	4,32	2,55	89,20

#### Ảnh hưởng của pH

Việc loại bỏ ion  $Pb^{2+}$  phụ thuộc nhiều vào pH của dung dịch vì pH làm thay đổi tính chất bề mặt của chất hấp phụ. Từ giá trị  $pH_{PZC} = 6,44$ , tiến hành khảo sát ở các pH xung quanh 6,44, nhưng để tránh hiện tượng tạo kết tủa  $Pb(OH)_2$  trong môi trường kiềm ( $pH > 7,5$ ), ảnh hưởng của pH đã được khảo sát trong điều kiện  $pH \leq 7$ . Kết quả theo dõi biến thiên dung lượng và hiệu suất hấp phụ của sericit được giới thiệu trên hình

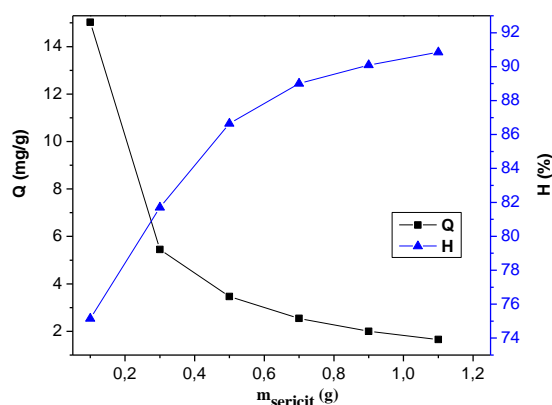
4. Kết quả cho thấy, trong khoảng pH khảo sát, hiệu suất và dung lượng hấp phụ tăng khi pH tăng. Điều này được giải thích là do trong môi trường axit, sericit bị proton hóa và khi đó bề mặt của hạt sẽ tích điện dương nên làm giảm số lượng tâm hấp phụ của hạt và xảy ra sự hấp phụ cạnh tranh giữa ion  $H^+$  và ion  $Pb^{2+}$  do đó làm giảm khả năng hấp phụ của hạt.

Vì vậy, có thể chọn pH trong khoảng  $pH = 5,3 \div 6,5$ . Tuy nhiên, để thuận lợi cho quá trình xử lý nhất là xử lý với lượng lớn, pH tự nhiên ( $\approx 5,3$ ), được chọn cho những nghiên cứu tiếp theo.



Hình 4: Sự biến đổi dung lượng và hiệu suất hấp phụ theo pH của dung dịch ban đầu  
 $m_{sericit} = 0,7$  g;  $C_0 = 40$  mg/L;  $t = 60$  phút;  $T = 25^\circ C$

#### Ảnh hưởng của khối lượng sericit



Hình 5: Ảnh hưởng của khối lượng sericit đến dung lượng và hiệu suất hấp phụ  $Pb^{2+}$

$C_0 = 40$  mg/L;  $t = 60$  phút;  $pH_0 = 5,3$ ;  $T = 25^\circ C$

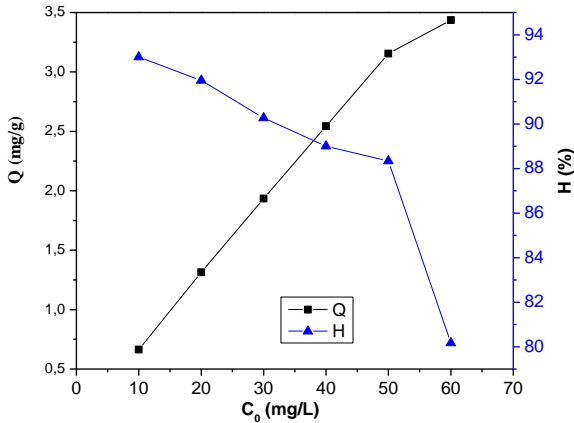
Kết quả khảo sát ảnh hưởng của khối lượng bột sericit đến dung lượng hấp phụ và hiệu suất xử lý  $Pb^{2+}$  40 mg/L được thể hiện trên hình 5. Khi khối lượng tăng từ 0,1 đến 0,5 g, dung lượng hấp phụ giảm nhanh từ 15,03 xuống 3,47 mg/g và hiệu suất hấp phụ tăng nhanh từ 75,15 đến 86,65 %. Khi khối lượng chất hấp phụ tăng từ 0,5 đến 1,1 g, dung lượng giảm dần từ 3,47

xuống 1,65 mg/g nhưng hiệu suất hấp phụ tăng chậm từ 86,65 đến 90,85 %.

Do đó, để thu được dung lượng và hiệu suất hấp phụ Pb<sup>2+</sup> đồng thời cao thì có thể sử dụng lượng chất hấp phụ trong khoảng 0,5 ÷ 0,9 g. Tuy nhiên, sericit là vật liệu có sẵn trong tự nhiên, giá thành rẻ nên có thể sử dụng lượng chất hấp phụ nhiều với mục đích đạt được hiệu suất hấp phụ cao thì khối lượng sericit 0,7g được lựa chọn để nghiên cứu xử lý Pb<sup>2+</sup>.

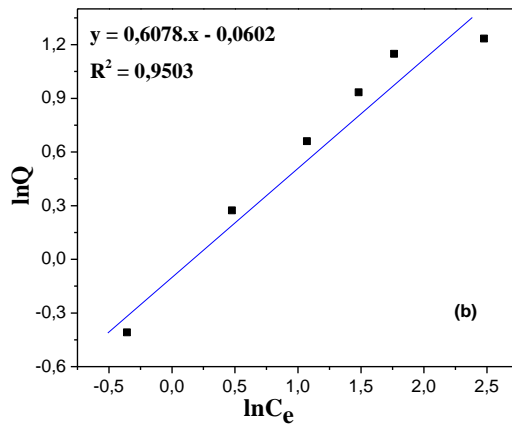
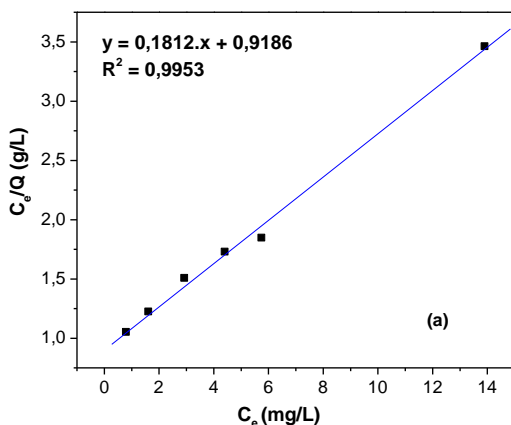
*Ảnh hưởng của nồng độ ban đầu*

Kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của nồng độ ion Pb<sup>2+</sup> ban đầu đến dung lượng và hiệu suất hấp phụ được thể hiện trên hình 6. Khi nồng độ Pb<sup>2+</sup> tăng, dung lượng hấp phụ tăng dần còn hiệu suất hấp phụ giảm dần. Để đạt được hiệu suất và dung lượng hấp phụ đồng thời cao, nồng độ Pb<sup>2+</sup> thích hợp có thể lựa chọn tại nồng độ 40 mg/L.



Hình 6: Ảnh hưởng của nồng độ ban đầu của Pb<sup>2+</sup> đến dung lượng và hiệu suất hấp phụ  
m<sub>sericit</sub> = 0,7 g; pH<sub>0</sub> = 5,3; t = 50 phút; T = 25°C

*Nghiên cứu đường đẳng nhiệt hấp phụ*



Hình 7: Đường đẳng nhiệt hấp phụ Pb<sup>2+</sup> tại 25°C theo Langmuir (a) và Freundlich (b)

Tiến hành hấp phụ Pb<sup>2+</sup> trong điều kiện tối ưu đã nghiên cứu: 0,7 g sericit với thời gian hấp phụ 60 phút ở pH = 5,3 và nồng độ Pb<sup>2+</sup> ban đầu thay đổi từ 10 đến 60 mg/L, tại nhiệt độ phòng (25°C). Sau đó, xác định nồng độ Pb<sup>2+</sup> còn lại ở trạng thái cân bằng (C<sub>e</sub>), từ đó có thể tính được các giá trị LnC<sub>e</sub>, lnQ và tỉ số C<sub>e</sub>/Q, kết quả được tóm tắt trong bảng 4.

Bảng 4: Các giá trị LnC<sub>e</sub>, lnQ, C<sub>e</sub>/Q biến đổi theo nồng độ Pb<sup>2+</sup> ở trạng thái cân bằng

C <sub>0</sub> (mg/L)	C <sub>e</sub> (mg/L)	Ln C <sub>e</sub>	Q (mg/g)	LnQ	C <sub>e</sub> /Q (g/l)
10	0,7	-0,36	0,66	-0,41	1,05
20	1,61	0,48	1,31	0,27	1,23
30	2,92	1,07	1,93	0,66	1,51
40	4,4	1,48	2,54	0,93	1,73
50	5,83	1,76	3,16	1,15	1,85
60	11,9	2,48	3,44	1,23	3,46

Dựa vào kết quả bảng 4 xây dựng đường đẳng nhiệt hấp phụ theo mô hình đẳng nhiệt hấp phụ Langmuir (theo phương trình 4) và Freundlich (phương trình 5), kết quả được thể hiện trên hình 7a và 7b. Dựa vào đồ thị của đường hấp phụ đẳng nhiệt, xác định các hằng số thực nghiệm: dung lượng hấp phụ lớn nhất tính theo đường đẳng nhiệt Langmuir (Q<sub>m</sub>); hằng số cân bằng hấp phụ (K<sub>L</sub>) và các hằng số thực nghiệm Freundlich (K<sub>F</sub>, n) được đưa ra trên bảng 5. Kết quả thu được cho thấy, sự hấp phụ Pb<sup>2+</sup> trên sericit tuân theo cả hai mô hình hấp phụ đẳng nhiệt Langmuir và Freundlich. Tuy nhiên, theo mô hình Langmuir cho kết quả phù hợp hơn (R<sup>2</sup> = 0,9953) so với mô hình Freundlich (R<sup>2</sup> = 0,9503). Điều này cho thấy quá trình hấp phụ Pb<sup>2+</sup> là đơn lớp.

Bảng 5: Các hằng số thực nghiệm  $Q_m$ ,  $K_L$ ,  $K_F$ ,  $n$  trong phương trình Langmuir và Freundlich

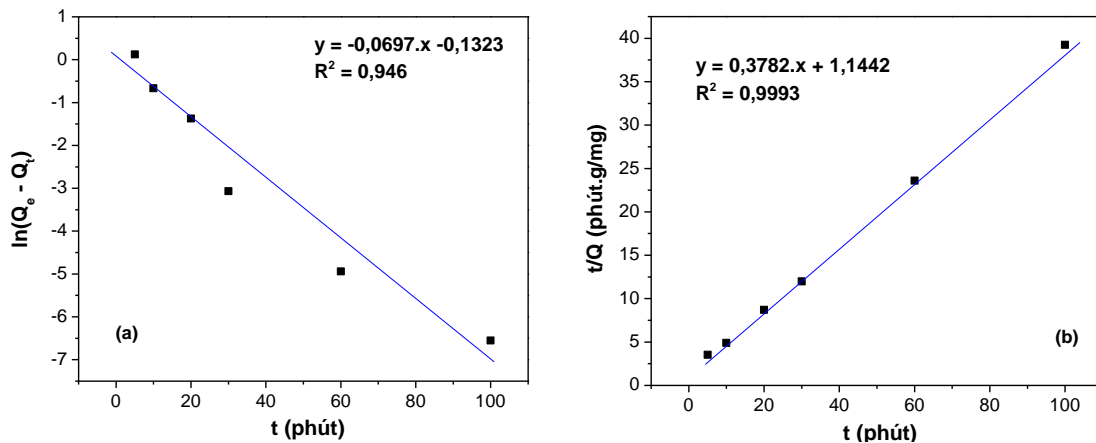
Langmuir			Freundlich		
$Q_m$	$K_L$	$R^2$	$n$	$K_F$	$R^2$
5,519	0,197	0,9953	1,645	0,942	0,9503

**Động học của quá trình hấp phụ  $Pb^{2+}$**

Dựa vào kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của thời gian hấp phụ tới dung lượng hấp phụ  $Pb^{2+}$  trong điều kiện: nồng độ  $Pb^{2+}$  ban đầu 40 mg/L; 0,7 g sericit ở pH = 5,3 và tại nhiệt độ phòng (25°C). Từ đó xây dựng được đồ thị của phương trình động học hấp phụ giả bậc

một (theo phương trình 6) và bậc hai (theo phương trình 7), kết quả thể hiện ở hình 8.

Dựa vào các đồ thị thu được trên hình 8 tính được các hằng số tốc độ hấp phụ ( $k$ ) và dung lượng hấp phụ ở trạng thái cân bằng ( $Q_e$ ). Kết quả tính toán được giới thiệu trong bảng 6. Giá trị  $Q_e$  tính theo phương trình động học hấp phụ giả bậc 1 (0,876 mg/g) khác xa giá trị  $Q_e$  xác định từ thực nghiệm (2,548 mg/g). Trong khi đó  $Q_e$  tính theo phương trình động học hấp phụ giả bậc 2 (2,644 mg/g) không khác nhiều so với  $Q_e$  xác định từ thực nghiệm, đồng thời hệ số hồi quy  $R^2 = 0,9993 \approx 1$ . Kết quả này chứng tỏ quá trình hấp phụ  $Pb^{2+}$  bằng sericit tuân theo phương trình động học hấp phụ giả bậc 2. Hằng số tốc độ hấp phụ xác định được bằng 0,125 g/mg/phút.



Hình 8: Mô tả số liệu thực nghiệm bằng phương trình động học hấp phụ giả bậc 1 (a) và giả bậc 2 (b)

Bảng 6: Các giá trị  $k$  và  $Q_e$  tính theo phương trình động học giả bậc một và giả bậc hai

Phương trình động học giả bậc một			Phương trình động học giả bậc hai			$Q_e$ thực nghiệm (mg/g)
$Q_e$ (mg/g)	$k_1$ (phút <sup>-1</sup> )	$R^2$	$Q_e$ (mg/g)	$k_2$ (g/mg/phút)	$R^2$	
0,876	0,0679	0,946	2,644	0,125	0,9993	2,548

**Kết luận**

Kết quả nghiên cứu xử lý ion  $Pb^{2+}$  của nguyên liệu này trong môi trường nước cho thấy quá trình hấp phụ  $Pb^{2+}$  chịu sự ảnh hưởng nhất định của các yếu tố pH, thời gian tiếp xúc, khối lượng chất hấp phụ và nồng độ ban đầu của  $Pb^{2+}$ . Trong điều kiện pH<sub>0</sub> 5,3 và nhiệt độ phòng (25°C), với 0,7 g bột hấp phụ sericit và nồng độ ban đầu của  $Pb^{2+}$  40 mg/L, sự hấp phụ  $Pb^{2+}$  có thể đạt cân bằng sau khoảng 60 phút tiếp xúc, dung lượng hấp phụ đạt 2,54 mg/g và hiệu suất đạt và 89%. Kết quả này cao hơn so với hiệu suất xử lý  $Pb^{2+}$  bằng than hoạt tính (hiệu suất đạt 52 - 90%) [19] và bằng đất sét (hiệu suất đạt 80,7 %) [20].

Quá trình hấp phụ  $Pb^{2+}$  của sericit tuân theo mô hình đẳng nhiệt hấp phụ Langmuir với dung lượng hấp phụ đơn lớp cực đại bằng 5,52 mg/g và tuân theo phương trình động học hấp phụ giả bậc 2 với hằng số tốc độ phản ứng bằng 0,125 g/mg/phút. Kết quả này cho thấy, vật liệu tự nhiên sericit khu vực nghiên cứu chưa xử lý biến tính có tiềm năng trong sử dụng loại bỏ ion kim loại nặng trong nguồn nước ô nhiễm.

**Lời cảm ơn**

Cảm ơn đề tài cấp cơ sở Trường Đại học Mở - Địa chất (mã số T21-06) đã hỗ trợ tài chính để chúng tôi hoàn thành bài báo

## Tài liệu tham khảo

- Kiều Quý Nam, Trần Trọng Huệ. Tạp chí Địa chất, 2002, 273-286.
- Hồ Văn Tú. Tạp chí Địa chất, 2010, 319-324.
- Nguyễn Văn Phổ, Phạm Tích Xuân, Đoàn Thu Trà, Phạm Thanh Đăng, Nguyễn Thị Liên, Nguyễn Thị Thanh Thảo. Tạp chí Các Khoa học về Trái Đất, 2013, 35(2), 97-106
- Cheongho Lee, Jinho Jung, Radheshyam R. Pawar, Munui Kim, Lalhmunsiamama, and Seung-Mok Lee, Journal of Industrial and Engineering Chemistry, 2017, 47, 375-383.
- Hyoung-Uk Kim Diwakar Tiwari, Seung-Mok Lee, Separation and Purification Technology, 2007, 57, 11-16.
- Hee-Jeong Choi; Sung-Whan Yu, The Korean Journal of Chemical Engineering, 2018, 35 (11), 2198-2206
- Hee-Jeong Choi. Water Science and Technology, 2019, 79 (10), 1922-1933
- Taik-Nam Kwon and Choong Jeon, Journal of Industrial and Engineering Chemistry, 2013, 19(1), 68-72.
- Ju-Hyun Cha Choong Jeon, Journal of Industrial and Engineering Chemistry, 2015, 24, 107-112.
- Seung Mok Lee, Lalhmunsiamama and Diwakar Tiwari, Environ Sci Pollut Res, 2014, 21, 3686–3696.
- Nguyễn Việt Dũng, LV Thạc sĩ, 2012, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên.
- Ngô Kế Thế, Tạp chí Hóa học, 2009, T. 47 (6), 768 - 773.
- Nguyễn Thị Thanh Thảo, Ngô Xuân Thành. Tạp chí Địa chất, 2014, 340, 37-45.
- Nguyễn Thị Thanh Thảo. Tạp chí Địa chất, 2016, 358, 10-16.
- Le Thi Duyen, Le Thi Phuong Thao, Do Thi Hai, Vo Thi Hanh, Pham Thi Nam, Nguyen Thi Thom, Cao Thi Hong, Nguyen Thu Phuong, Dinh Thi Mai Thanh. Processdings of 6th Asian Symposium on Advanced Materials, 2017, 699-706.
- Duyen Thi Le, Thao Phuong Thi Le, Hai Thi Do, Hanh Thi Vo, Nam Thi Pham, Thom Thi Nguyen, Hong Thi Cao, Phuong Thu Nguyen, Thanh Mai Thi Dinh, Hai Viet Le, and Dai Lam Tran. Journal of Chemistry Volume 2019, 10 pages, ISSN 2090-9071.
- Lê Thị Duyên, Lê Thị Phương Thảo, Đỗ Thị Hải, Võ Thị Hạnh, Phạm Tiến Dũng, Phạm Thị Năm, Nguyễn Thị Thơm, Cao Thị Hồng, Lê Thị Sáu, Đinh Thị Mai Thanh. Tạp chí xúc tác và hấp phụ, 2018, 7(2), 72-80.
- Lê Thị Duyên, Võ Thị Hạnh, Công Tiến Dũng, Đỗ Thị Hải, Phạm Thị Năm, Nguyễn Thị Thơm, Cao Thị Hồng, Đinh Thị Mai Thanh. Tạp chí Khoa học khoa học Trường ĐHSP Hà Nội, 2017, 62(3), 60-68.
- Lakshmikandhan, Ramadevi. Water SA, 2019, 1.45, 3, 67-81.
- Wafaa, Hashesh, Habib, Wahba, Esmat, Noufal and Nesren, Abou-Baker. Soil and Water Science, 2017, 44 (6A), 2097-2103.