

Tối ưu hóa hấp phụ kim loại nặng Cd của diatomite bằng phương pháp bề mặt đáp ứng

Nguyễn Văn Phúc¹, Trần Hoài Lam¹, Võ Thị Bích Thuận¹,
Nguyễn Anh Tú², Nguyễn Học Thắng^{1*}

¹Khoa Công nghệ Hóa học, Trường Đại học Công nghiệp Thực phẩm Tp. Hồ Chí Minh;

²Phân viện Khoa học An toàn Vệ sinh Lao động và Bảo vệ Môi trường miền Nam.

*Email: thangnh@hufi.edu.vn

Nhận bài: 31/10/2022; Hoàn thiện: 17/11/2022; Chấp nhận đăng: 14/12/2022; Xuất bản: 20/12/2022.

DOI: <https://doi.org/10.54939/1859-1043.j.mst.VITTEP.2022.130-140>

TÓM TẮT

Thực trạng ô nhiễm môi trường là vấn đề được quan tâm hàng đầu do lượng chất thải ra ngày càng nhiều, làm ảnh hưởng tới sức khỏe con người và môi trường sống. Nguồn nước thải có chứa kim loại nặng như Cd gây tác động rất lớn do độc tính cao và khả năng tích lũy lâu dài trong cơ thể. Hiện nay, vật liệu Diatomite với vai trò xử lý môi trường đang là một trong những lựa chọn ưu tiên do vật liệu này có khả năng hấp phụ hiệu quả kim loại nặng và giá thành thấp. Bài báo nghiên cứu về việc tối ưu hóa quá trình hấp phụ kim loại nặng Cd của Diatomite bằng phương pháp bề mặt đáp ứng qua phần mềm Design-Expert với các thông số thực nghiệm gồm độ pH, thời gian hấp phụ, và hàm lượng Diatomite trong dung dịch. Từ kết quả thực nghiệm và tính toán tối ưu, hiệu suất hấp phụ của Cd đạt đến 99% tại các giá trị pH = 3,8, thời gian hấp phụ 1,85 giờ và khối lượng diatomite cần dùng 0,22 g/mL.

Từ khoá: Cadmium; Ô nhiễm môi trường; Diatomite; Hấp phụ kim loại nặng; Tối ưu hóa.

1. GIỚI THIỆU

Ở Việt Nam, hệ thống xử lý nước thải chưa được quan tâm nhiều do các nhà máy thường có quy mô sản xuất vừa và nhỏ nên việc đầu tư vào xây dựng các hệ thống xử lý nước thải còn hạn chế. Hầu hết các hệ thống xử lý quá sơ sài nên chất thải thường thải trực tiếp hoặc xử lý sơ bộ dẫn đến tình trạng hàm lượng chất ô nhiễm vượt quá tiêu chuẩn cho phép. Trong các chất ô nhiễm, kim loại nặng gây ra nhiều hệ lụy cho sức khỏe động thực vật và con người [1]. Chẳng hạn như, người bị nhiễm Cd dễ dẫn đến các bệnh ung thư phổi, tổn thương thận, và các vấn đề sức khỏe khác [2]. Trước tình trạng đó đòi hỏi phải có những phương pháp thích hợp để xử lý kim loại nặng có hiệu quả và việc sử dụng vật liệu diatomite để hấp phụ các kim loại nặng trong nước đang được đánh giá cao về tính hiệu quả, đơn giản và chi phí thấp [3].

Diatomite là trầm tích có nguồn gốc sinh học được hình thành ở những vùng nước ngọt [4] hoặc nước mặn do quá trình phân hủy tảo Diatomite [3]. Tảo Diatomite hấp phụ axit silixic tan trong nước chuyển hóa thành dạng opal [4], dạng SiO₂ vô định hình để hình thành nên lớp vỏ của chúng [5]. Các phần tử tảo Diatomite rất đa dạng với cấu hình vỏ ngoài cực kỳ phức tạp và độ rỗng bên trong rất lớn [6] hoặc được biến tính [7] với các tính chất hóa lý riêng biệt [8]. Đó chính là đặc điểm tạo nên giá trị của vật liệu có nguồn gốc Diatomite đối với việc sử dụng chúng làm vật liệu hấp phụ kim loại nặng [9] kể cả trước và sau khi biến tính [10], chất xúc tác thân thiện với môi trường [11], chất trợ lọc [12], và các ứng dụng khác trong nhiều nghiên cứu trên thế giới [13, 14].

Tại Việt Nam, Diatomite phân bố chủ yếu trong các trũng Kainozoi dọc theo đới đứt gãy Sông Ba, Phú Trúc (Gia Lai) [15], cao nguyên Vân Hòa, An Lĩnh (Phú Yên) [16], khu vực Tam Bó (Lâm Đồng) [17, 18]. Mặc dù Diatomite có tính chất vật lý và hóa học rất độc đáo, đã được nghiên cứu tại một số lĩnh vực ở Việt Nam nhưng việc sử dụng vật liệu này như một chất hấp phụ trong nước thải chưa được ứng dụng rộng rãi. Chẳng hạn như nghiên cứu của nhóm tác giả Đinh Quang Khiếu tập trung vào chất xúc tác [19], và nghiên cứu của nhóm tác giả Đỗ Quang Minh thì tập trung vào sản xuất polymer vô cơ [17]. Hơn nữa, khoáng sản Diatomite tại Việt

Nghiên cứu khoa học công nghệ

Nam thường lẫn nhiều tạp chất sét [3] và sắt từ [12] gây khó khăn cho công tác sơ chế. Đồng thời, hiệu quả hấp phụ còn thấp so với sản phẩm Diatomite đã được tinh chế và bán thương mại trên thị trường [20].

Trong nghiên cứu này, Diatomite được sử dụng để thử nghiệm khả năng hấp phụ ion kim loại nặng Cd^{2+} với các thông số quá trình được khảo sát bao gồm: điều kiện pH, khối lượng chất hấp phụ Diatomite, và thời gian hấp phụ Cd^{2+} . Dữ liệu thí nghiệm được phân tích và đánh giá thông qua phương pháp bề mặt đáp ứng sử dụng phần mềm Design&Expert để tối ưu hóa các điều kiện của quá trình hấp phụ ion kim loại nặng Cd^{2+} của vật liệu Diatomite.

2. THỰC NGHIỆM

Mẫu bột Diatomite được thu thập từ dạng thương mại và làm sạch sơ bằng cách rửa, tiếp đó tiến hành nghiền và rây mịn, sa lắng nhiều lần bằng nước cất và sấy khô ở nhiệt độ 110 °C trong 11 giờ. Dung dịch ion kim loại Cd^{2+} sử dụng có nồng độ ban đầu là 100 ppm với thể tích 10 mL cho mỗi thí nghiệm. Diatomite được cho vào bình dung dịch nói trên, sau đó, dung dịch này được lắc đều, và ion Cd^{2+} được xác định bằng thiết bị hấp thụ nguyên tử AAS sau khi kết thúc quá trình hấp phụ.

Trong nghiên cứu này, qua một số thí nghiệm khảo sát ban đầu, ba yếu tố ảnh hưởng đến quá trình hấp phụ kim loại được lựa chọn là giá trị pH (A), khối lượng Diatomite (B), thời gian hấp phụ (C) cùng với các mức giới hạn đối với từng yếu tố: pH từ 3 ÷ 5; khối lượng Diatomite trong khoảng 1 ÷ 3 gam, thời gian từ 1 ÷ 3 giờ. Mỗi yếu tố được chia làm 3 mức thay đổi như trong bảng 1 dưới đây. Thông số đáp ứng của khảo sát là hiệu suất hấp phụ kim loại Cd^{2+} (Y) của Diatomite.

Phương pháp bề mặt đáp ứng (RSM): là một trong những phương pháp thống kê hiện đại để thiết lập và đánh giá các điều kiện tiến hành và đánh giá kết quả thực nghiệm. Lựa chọn các yếu tố độc lập ảnh hưởng đến quá trình nghiên cứu, xử lý các dữ liệu thực nghiệm thu được thông qua sự tương thích của hàm đa thức. Trong phương pháp này có ba mô hình phổ biến như thiết kế Behnken, thiết kế trung tâm phức hợp (CCD) và thiết kế vòng tròn hạn chế hình vuông (CCF). Sau khi xây dựng được mô hình hồi quy thì sử dụng ANOVA để kiểm tra kết quả phân tích.

Bảng 1. Bảng mã hóa các giá trị của các yếu tố khảo sát tối ưu hóa.

Yếu tố	Tên	Đơn vị	Điểm cực tiểu (-1)	Điểm tâm (0)	Điểm cực đại (+1)
A	pH		3,00	4,00	5,00
B	Khối lượng Diatomite	g	1,00	2,00	3,00
C	Thời gian	giờ	1,00	2,00	3,00

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả thực nghiệm

Hiệu suất hấp phụ kim loại nặng Cd^{2+} của Diatomite qua ma trận gồm 27 thực nghiệm được thể hiện ở bảng 2 sau đây. Kết quả thu được cho thấy, hiệu suất hấp phụ kim loại Cd của Diatomite biến đổi trong khoảng khá rộng từ 66,00 đến 99,60%. Điều này cho thấy các yếu tố thời gian, khối lượng Diatomite và pH ảnh hưởng đáng kể đến hiệu suất hấp phụ kim loại Cd của Diatomite.

Bảng 2. Bảng ma trận các thực nghiệm tối ưu hóa và kết quả hiệu suất hấp phụ kim loại nặng Cd của Diatomite.

Thí nghiệm	Biến mã hóa			Hiệu suất hấp phụ Cd, (%) Y
	Giá trị pH, A	Khối lượng Diatomite (g), B	Thời gian (giờ), C	
1	3,00	1,00	1,00	77,00
2	4,00	1,00	1,00	85,40

3	5,00	1,00	1,00	66,00
4	3,00	2,00	1,00	80,00
5	4,00	2,00	1,00	98,30
6	5,00	2,00	1,00	74,00
7	3,00	2,00	2,00	88,00
8	4,00	2,00	2,00	97,50
9	5,00	2,00	2,00	82,00
10	3,00	2,00	3,00	85,00
11	4,00	2,00	3,00	97,00
12	5,00	2,00	3,00	79,00
13	3,00	3,00	1,00	83,00
14	4,00	3,00	1,00	96,00
15	5,00	3,00	1,00	78,00
16	3,00	3,00	2,00	90,00
17	4,00	3,00	2,00	99,60
18	5,00	3,00	2,00	85,00
19	3,00	3,00	3,00	86,00
20	4,00	3,00	3,00	95,00
21	5,00	3,00	3,00	79,00
22	3,00	1,00	2,00	83,00
23	4,00	1,00	2,00	87,00
24	5,00	1,00	2,00	72,00
25	3,00	1,00	3,00	82,00
26	4,00	1,00	3,00	86,00
27	5,00	1,00	3,00	74,00

Lần lượt xét các mô hình khác nhau như mô hình tuyến tính; 2FI; mô hình bậc 2 và mô hình bậc 3 để tìm kiếm được mô hình phù hợp để sử dụng cho quá trình tối ưu hóa hiệu suất hấp phụ kim Cd của Diatomite.

Bảng 3. Kết quả phân tích tính toán các giá trị để chọn mô hình tối ưu cho quá trình hấp phụ kim loại Cd.

	Tổng bình phương (SS)	Độ tự do	Trung bình bình phương (MS)	Giá trị thống kê F	Giá trị P
Trung bình	1,933E+05	1	1,933E+05		
Tuyến tính	618,76	3	206,25	3,55	0,0302
2FI	23,53	3	7,84	0,12	0,9467
<u>Bậc 2</u>	<u>1217,82</u>	<u>3</u>	<u>405,94</u>	<u>72,27</u>	<u>< 0,0001</u>
Bậc 3	50,22	7	7,17	1,58	0,2454
Phần dư	45,27	10	4,53		
Tổng	1,953E+05	27	7233,35		

Bảng 4. Kết quả phân tích tính toán các giá trị để xét độ phù hợp của các mô hình cho quá trình hấp phụ kim loại Cd.

Mô hình	Độ lệch chuẩn	Hệ số hồi quy R ²	R ² hiệu chỉnh	R ² dự đoán
Tuyến tính	7,62	0,3164	0,2272	0,0881
2FI	8,10	0,3284	0,1270	-0,2616
<u>Bậc 2</u>	<u>2,37</u>	<u>0,9512</u>	<u>0,9253</u>	<u>0,8813</u>
Bậc 3	2,13	0,9769	0,9398	0,8706

Nghiên cứu khoa học công nghệ

Qua kết quả phân tích của bảng 3 và bảng 4, mô hình hồi quy bậc 2 là mô hình có mức độ phù hợp cao và được chọn cho quá trình hấp phụ kim loại Cd của Diatomite với giá trị “Prob>F” nhỏ nhất và hệ số hồi quy R^2 gần 1.

Bảng 5 cho thấy mô hình có ý nghĩa thống kê với mức độ tin cậy 99,99% ($p < 0,0001$). Kết quả phân tích các hệ số trong phương trình hồi quy cũng chỉ ra rằng yếu tố pH (A) và khối lượng Diatomite (B) có ảnh hưởng đến hàm mục tiêu (giá trị $p < 0,05$). Tuy nhiên, hàm mục tiêu chịu ảnh hưởng bậc 2 một cách rõ rệt bởi cả 3 yếu tố A, B và C với các hệ số âm lần lượt là -13,37; -3,2 và -3,75.

Xét về sự tương tác giữa từng cặp yếu tố, sự tương tác giữa cặp yếu tố pH và thời gian có ảnh hưởng đến hàm mục tiêu với hệ số dương là 2,25 và giá trị $p < 0,05$.

Các thông số khác như yếu tố C, AB và BC không có ảnh hưởng đáng kể đến hàm mục tiêu (do $p > 0,05$) nên không xuất hiện trong phương trình hồi quy sau:

$$\text{Hiệu suất hấp phụ Cd} = 98,17 - 3,61A + 4,40B - 13,37A^2 - 3,20B^2 - 3,75C^2 + 2,25AC.$$

Bảng 5. Kết quả phân tích các hệ số trong phương trình hồi quy của quá trình hấp phụ kim loại Cd của Diatomite.

Yếu tố	Hệ số	Độ tự do	Trung bình bình phương	Giá trị F	Giá trị xác suất P
Mô hình		6	310,30	66,14	< 0,0001
A	-3,61	1	234,72	50,03	< 0,0001
B	4,40	1	348,48	74,28	< 0,0001
A ²	-13,37	1	1072,01	228,49	<0,0001
B ²	-3,20	1	61,44	13,10	0,0017
C ²	-3,75	1	84,38	17,98	0,0004
AC	2,25	1	60,75	12,95	0,0018

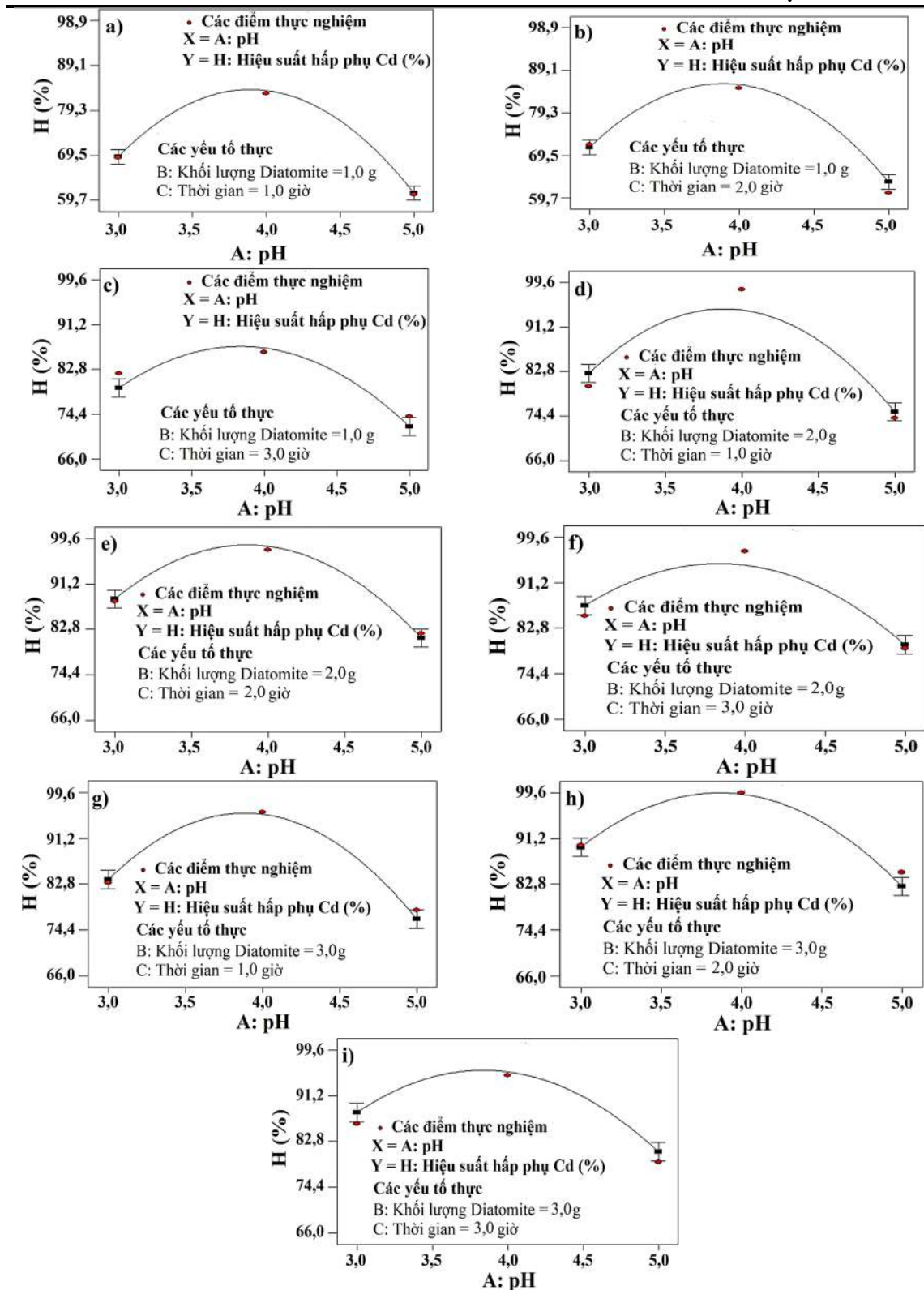
3.2. Ảnh hưởng của pH, khối lượng Diatomite và thời gian đến hiệu suất hấp phụ kim loại Cd

Hình 1, hình 2 và hình 3 biểu diễn ảnh hưởng của từng yếu tố đến hiệu suất hấp phụ khi cố định 2 yếu tố còn lại. Kết quả cho thấy xu hướng chính của các hình đều là đường cong dạng parabol, hiệu suất tăng và đạt giá trị cực đại, sau đó giảm xuống. Một số nhận xét được rút ra khi khảo sát các yếu tố là:

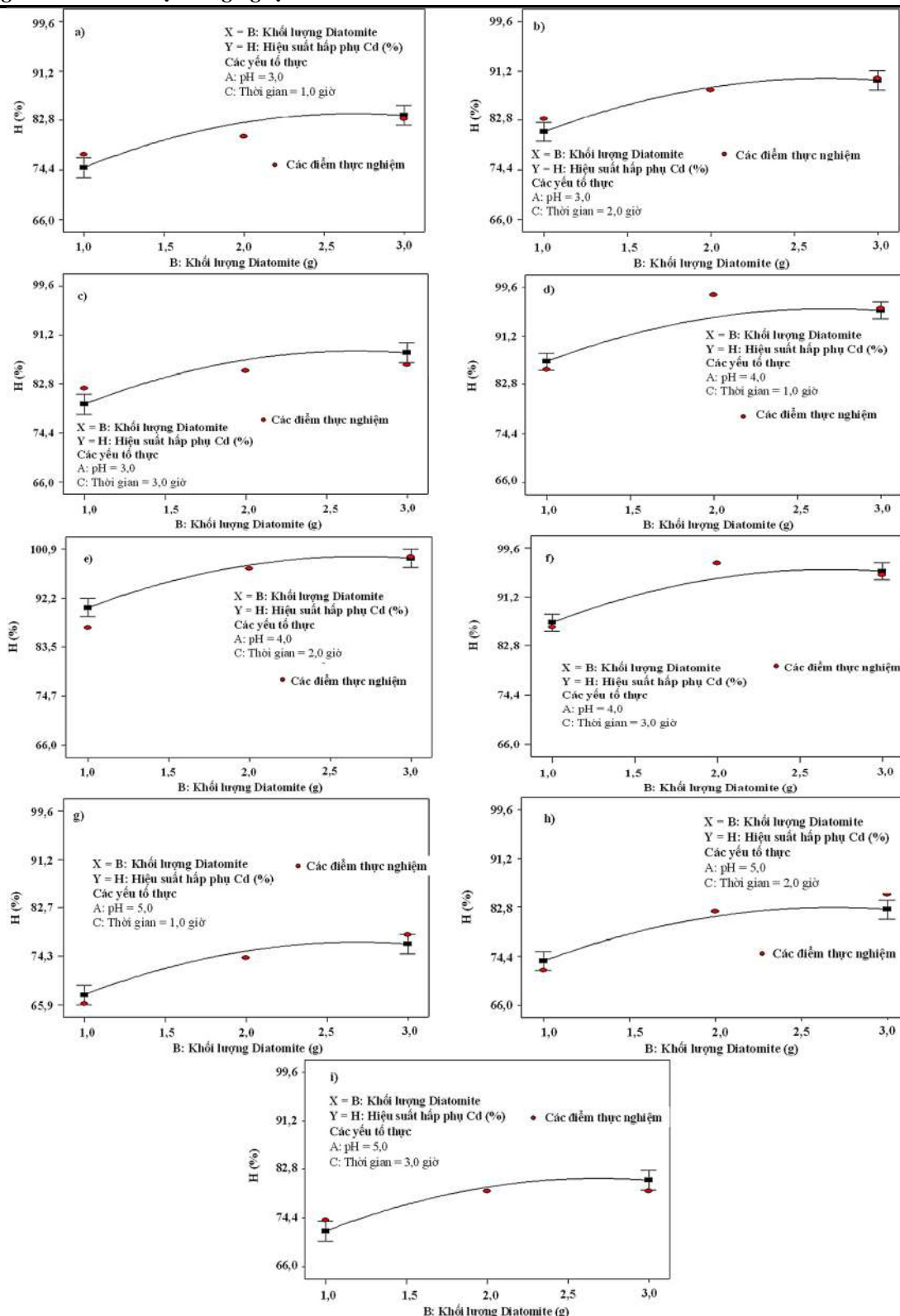
- Ảnh hưởng của pH: Hình 1 biểu diễn kết quả thí nghiệm khảo sát ở các tỷ lệ khối lượng Diatomite : thời gian khác nhau (hình (a) tỷ lệ 1:1, (b) tỷ lệ 1:2, (c) tỷ lệ 1:3, (d) tỷ lệ 2:1, (e) tỷ lệ 2:2, (f) tỷ lệ 2:3, (g) tỷ lệ 3:1, (h) tỷ lệ 3:2 và (i) tỷ lệ 3:3), pH thay đổi ở giá trị 3, 4 và 5. Kết quả hiệu suất hấp phụ kim loại Cd đạt giá trị cao nhất với pH nằm ở khoảng 3,8 và tỷ lệ tại 3:2 là 99,5% (hình 1.h);

- Ảnh hưởng của khối lượng Diatomite: Hình 2 thể hiện ảnh hưởng của khối lượng Diatomite đến hiệu suất hấp phụ kim loại Cd ở các tỷ lệ pH và thời gian khác nhau (hình (a) tỷ lệ 3:1, (b) tỷ lệ 3:2, (c) tỷ lệ 3:3, (d) tỷ lệ 4:1, (e) tỷ lệ 4:2, (f) tỷ lệ 4:3, (g) tỷ lệ 5:1, (h) tỷ lệ 5:2 và (i) tỷ lệ 5:3). Kết quả cho thấy hiệu suất hấp phụ kim loại Cd cao nhất 98,5% với tỷ lệ 4:2 và khối lượng Diatomite ở 2,1 gam (hình 2.e);

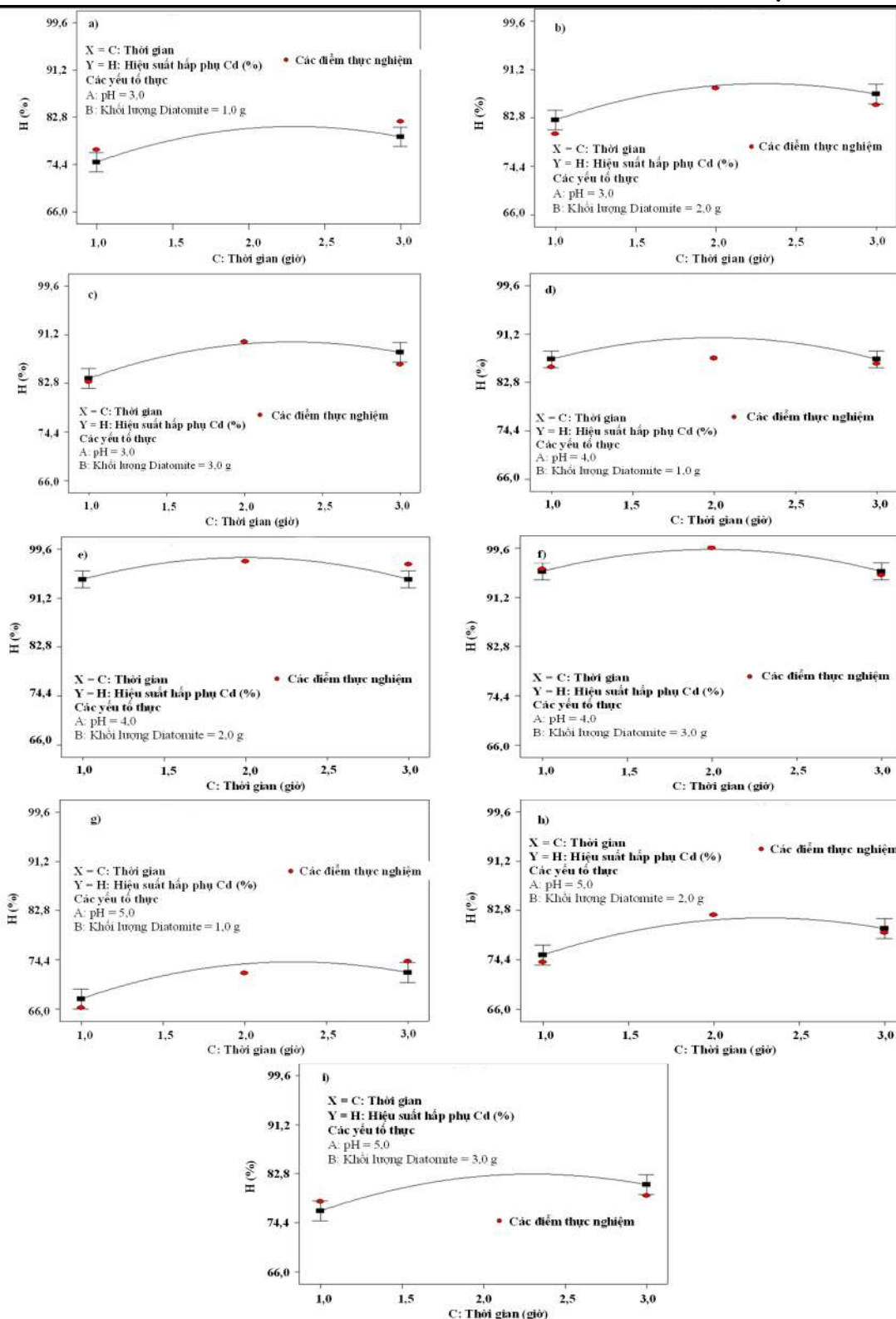
- Ảnh hưởng của thời gian hấp phụ: Hình 3 thể hiện ảnh hưởng của thời gian đến hiệu suất hấp phụ kim loại Cd ở các tỷ lệ pH và khối lượng Diatomite khác nhau (hình (a) tỷ lệ 3:1, (b) tỷ lệ 3:2, (c) tỷ lệ 3:3, (d) tỷ lệ 4:1, (e) tỷ lệ 4:2, (f) tỷ lệ 4:3, (g) tỷ lệ 5:1, (h) tỷ lệ 5:2 và (i) tỷ lệ 5:3). Thực nghiệm cho hiệu suất hấp phụ kim loại Cd cao nhất là 99% với tỷ lệ 4:3 sau 2,1 giờ (hình 3.f).



Hình 1. Ảnh hưởng của pH đến hiệu suất hấp phụ kim loại Cd ở các tỷ lệ khối lượng Diatomite và thời gian khác nhau: (a) tỷ lệ 1:1; (b) tỷ lệ 1:2; (c) tỷ lệ 1:3; (d) tỷ lệ 2:1; (e) tỷ lệ 2:2; (f) tỷ lệ 2:3; (g) tỷ lệ 3:1; (h) tỷ lệ 3:2; (i) tỷ lệ 3:3.

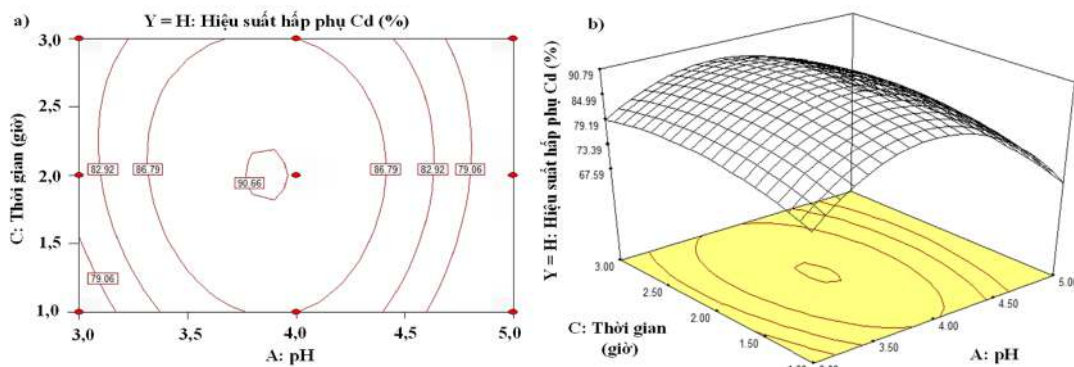


Hình 2. Ảnh hưởng của khối lượng Diatomite đến hiệu suất hấp phụ kim loại Cd ở các tỷ lệ pH và thời gian khác nhau: (a) tỷ lệ 3:1; (b) tỷ lệ 3:2; (c) tỷ lệ 3:3; (d) tỷ lệ 4:1; (e) tỷ lệ 4:2; (f) tỷ lệ 4:3; (g) tỷ lệ 5:1; (h) tỷ lệ 5:2; (i) tỷ lệ 5:3.



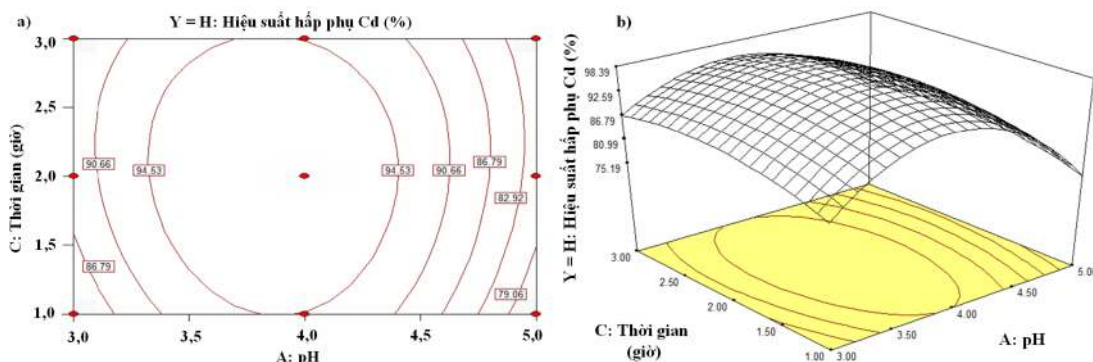
Hình 3. Ảnh hưởng của thời gian đến hiệu suất hấp phụ kim loại Cd ở các tỷ lệ pH và lượng Diatomite khác nhau: (a) tỷ lệ 3:1; (b) tỷ lệ 3:2; (c) tỷ lệ 3:3; (d) tỷ lệ 4:1; (e) tỷ lệ 4:2; (f) tỷ lệ 4:3; (g) tỷ lệ 5:1; (h) tỷ lệ 5:2; (i) tỷ lệ 5:3.

3.3. Ảnh hưởng qua lại giữa các yếu tố đến hiệu suất hấp phụ kim loại Cd của Diatomite



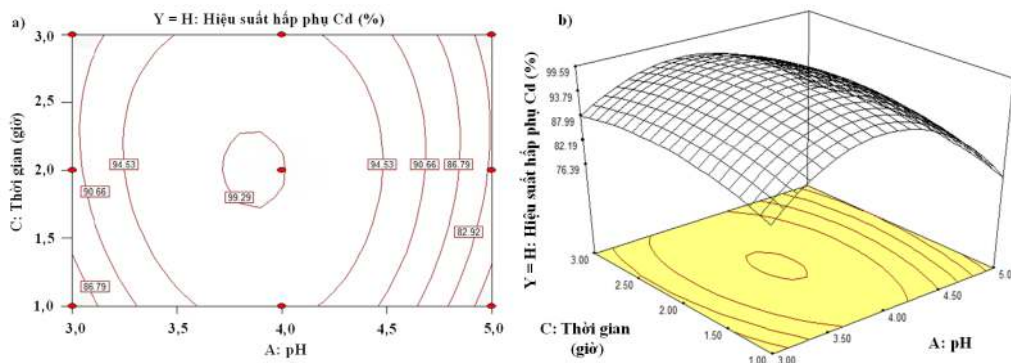
Hình 4. Đồ thị biểu diễn sự ảnh hưởng của pH và thời gian đến hiệu suất hấp phụ kim loại Cd với khối lượng Diatomite = 1,0 g (dạng 2D: hình a, dạng 3D: hình b).

Dựa vào hình 4, phương pháp đáp ứng bề mặt thể hiện đỉnh cao nhất hay giá trị hiệu suất hấp phụ của kim loại Cd tối ưu là 90,66% tại pH = 3,8 và thời gian là khoảng 2,1 giờ. Như vậy, với khối lượng 1 g diatomite, hiệu suất hấp phụ chỉ tập trung vào một điểm pH và thời gian nhất định, pH cao hơn 4 sẽ làm giảm hoạt tính hấp phụ của vật liệu, thời gian hấp phụ quá lâu gây hiệu ứng dịch chuyển cation Cd ra môi trường ngoài.



Hình 5. Đồ thị biểu diễn sự ảnh hưởng của pH và thời gian đến hiệu suất hấp phụ kim loại Cd với khối lượng Diatomite = 2,0 g (dạng 2D: hình a, dạng 3D: hình b).

Hình 5 cho thấy bề mặt đáp ứng thể hiện đỉnh cao nhất (giá trị hiệu suất hấp phụ của kim loại Cd tối ưu) là 97,88% ứng với pH = 4,0 và thời gian là khoảng 2,1 giờ. Khi tăng hàm lượng diatomite lên 2 g, khả năng hấp thụ cation Cd cũng tăng theo và điều kiện xử lý như pH hay thời gian thay đổi không đáng kể.



Hình 6. Đồ thị biểu diễn sự ảnh hưởng của pH và thời gian đến hiệu suất hấp phụ kim loại Cd với khối lượng Diatomite = 3,0 g (dạng 2D: hình a, dạng 3D: hình b).

Kết quả hình 6 cho thấy bề mặt đáp ứng thể hiện đỉnh cao nhất (giá trị hiệu suất hấp phụ của kim loại Cd tối ưu) là lớn hơn 99,29% tại pH = 3,7 và thời gian là khoảng 2,1 giờ.

Ở đây, cả ba yếu tố khối lượng Diatomite, pH và thời gian đều có ảnh hưởng qua lại đến hiệu suất hấp phụ kim loại: khi khối lượng Diatomite; pH và thời gian tăng thì hiệu suất hấp phụ kim loại Cd cũng tăng theo và sau khi đạt điểm tối ưu thì ngược lại, nếu khối lượng, pH và thời gian tăng thì hiệu suất hấp phụ có xu hướng giảm.

3.4. Tối ưu các thông số sử dụng phương pháp bề mặt đáp ứng

Tùy thuộc vào mục đích ứng dụng thực tiễn, những yêu cầu và mức độ quan trọng khác nhau được áp dụng trong việc tối ưu hóa quá trình hấp phụ. Trong nghiên cứu này, các thông số pH, khối lượng Diatomite và thời gian được áp đặt tiêu chuẩn về độ yêu cầu và mức quan trọng như trong bảng 6 dưới đây. Ở đây, hiệu suất hấp phụ cần đạt mức cao và khối lượng vật liệu Diatomite và thời gian hấp phụ ở giá trị thấp nhất có thể nhằm tối ưu hóa đầu ra, đồng thời đạt hiệu quả về kinh tế và thời gian sử dụng.

Bảng 6. Yêu cầu và mức quan trọng đối với các thông số ảnh hưởng khi tối ưu hóa.

Thông số ảnh hưởng	Yêu cầu kỹ thuật	Giới hạn dưới	Giới hạn trên	Mức quan trọng	Giá trị tối ưu
pH	-	3	5	-	3,8
Khối lượng Diatomite	Nhỏ nhất	1	3	1	2,22
Thời gian	Nhỏ nhất	1	3	1	1,85
Hiệu suất hấp phụ Cd	Lớn nhất	66	99,6	5	99,12

Kết quả tối ưu hóa đạt được hiệu suất hấp phụ Cd là 99,12% tương ứng với giá trị pH ở 3,8, khối lượng Diatomite 2,22 g (tương đương hàm lượng 0,22 g/mL), thời gian hấp phụ 1,85 giờ. Như vậy, kết quả nghiên cứu này cho thấy rằng, sử dụng diatomite đã rút ngắn được thời gian hấp phụ kim loại nặng rất nhiều với chỉ 1,85 giờ là có thể đạt được hiệu suất hấp phụ lên đến hơn 99%. Trong khi các nghiên cứu cùng loại cần thời gian tương đối dài với hơn 4 giờ và chỉ đạt hiệu suất hấp phụ kim loại nặng dưới 95% [9, 10, 12, 14]. Điều này mang lại hiệu quả kinh tế lớn cho quá trình hấp phụ thực tế vì liên quan đến: tiết kiệm nhân công, tiết kiệm năng lượng vận hành, đồng thời xử lý được khối lượng chất thải lớn hơn so với các công trình hiện tại.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã sử dụng phương pháp đáp ứng bề mặt để tối ưu hóa các thông số gồm giá trị pH, khối lượng diatomite và thời gian đến quá trình hấp phụ kim loại nặng Cd của vật liệu Diatomite. Các thông số này có ảnh hưởng độc lập cũng như có sự tương tác với nhau và đều tác động đến hiệu suất hấp phụ Cd. Kết quả chỉ ra rằng thông số tối ưu của nghiên cứu này là pH = 3,8, khối lượng Diatomite sử dụng 2,22 g, thời gian hấp phụ 1,85 giờ thì khả năng hấp phụ kim loại nặng của diatomite là cao nhất, đạt trên 99%, đồng thời đảm bảo tính kinh tế và thời gian sử dụng.

Kết quả này cũng cho thấy khả năng đạt hiệu quả cao của vật liệu Diatomite đối với việc hấp phụ kim loại nặng, kết hợp với giá thành thấp của Diatomite thì đây là nguồn vật liệu thân thiện và tiềm năng trong việc xử lý các vấn đề ô nhiễm môi trường tại Việt Nam.

Lời cảm ơn: Công trình nghiên cứu này được sự hỗ trợ kinh phí và sử dụng cơ sở vật chất của Trường Đại học Công nghiệp Thực phẩm Thành phố Hồ Chí Minh với hợp đồng số 20/HĐ-DCT ký ngày 05/01/2021.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Thị Thắm, Hà Mạnh Thắng, Đỗ Thu Hà, Nguyễn Thanh Cảnh, Nguyễn Quý Dương, “Nguy cơ ô nhiễm kim loại nặng đối với đất sản xuất nông nghiệp tại làng nghề tái chế sắt Châu Khê, thị

Nghiên cứu khoa học công nghệ

- xã Từ Sơn, tỉnh Bắc Ninh*”, Tạp chí Khoa học Công nghệ Nông nghiệp Việt Nam, **Vol. 6**, No. 91, pp. 78-84, (2018).
- [2]. Tran Thi Minh Thu, Tran Anh Tuan, Tran Minh Tien, “*Investigation of heavy metal contamination in agricultural soils in Bac Ninh province*”, Tạp chí Khoa học Công nghệ Nông nghiệp Việt Nam, **Vol. 8**, No. 93, pp. 102-107, (2018).
- [3]. Do, Q.M., Nguyen H.T., “*Porous brick from Diatomite*”, Journal of Science and Technology, **Vol. 76**, pp. 123-127, (2010).
- [4]. Kirk, R.E., “*Diatomite*”. DF Othmer – Encyclopedia of chemical technology, pp. 1-10, (1947).
- [5]. Hossam Elden, Galal Morsy, Mohamed Bakr, “*Diatomite: Its Characterization Modifications and Applications*”. Asian Journal of Materials Science, **Vol. 2**, No. 3, pp. 121-136, (2010).
- [6]. Nguyen, H.T., “*Novel Porous Refractory Synthesized from Diatomaceous Earth and Rice Husk Ash*”, Journal of Polymer and Composites, **Vol. 8**, No. 2, pp. 128-137, (2020).
- [7]. Bakr, H.E., “*Diatomite: its characterization, modifications and applications*”. Asian Journal of Materials Science, pp. 121-136, (2010).
- [8]. Bùi Hải Đăng Sơn, Nguyễn Thị Ngọc Trinh, Nguyễn Đăng Ngọc, Đinh Quang Hiếu, “*So sánh các đặc trưng hóa lý hai loại Diatomit Phú Yên và Diatomite Merck*”. Tạp chí Đại học Thủ Dầu Một, **số 2(21)** (2015).
- [9]. Majeda A.M. Khraished, Yahya S. Al-deys., Wendy A.M., “*Remediation of wastewater containing heavy metals using raw and modified diatomite*”. Chemical Engineering Journal, **Vol. 99**, pp. 177-184, (2004).
- [10]. Dong Guori, Zhang Yan, “*Diatomite Modification and its Adsorption of Heavy Metal Ions*”. Advanced Materials Research, **Vol. 864-867**, pp. 664 – 667, (2014).
- [11]. Yuxin Jia, Wei Han, Gouxing Xiong, Weishen Yangm, “*Diatomite as high performance and environmental friendly catalysts for phenol hydroxylation with H₂O₂*”. Science and Technology of Advanced Materials, **Vol. 8**, pp. 106-109, (2007).
- [12]. Yan Zhao, Guangyan Tian, Xinhui Duan, Xiuhong Liang, Junping Meng, Jinsheng Liang “*Environmental applications of diatomite minerals in removing heavy metals from water*”. Industrial & Engineering Chemistry Research, pp. 1-6, (2019).
- [13]. Phan Đông Pha, Lê Thị Nghinh, Kiều Quý Nam, Nguyễn Xuân Huyền, “*Đặc điểm phân bố và điều kiện tích tụ các thành tạo sét bentonit và diatomit vùng Cheo Reo, Phú Túc và cao nguyên Vân Hòa*”. Viện Địa Chất, Viện KH&CN Việt Nam, Hà Nội, (2006).
- [14]. Nguyen, H.T., Dang, T.P., “*Using Activated Diatomite as Adsorbent for Treatment of Arsenic Contaminated Water*”, Key Engineering Materials, **Vol. 850**, pp. 16-23, (2020).
- [15]. Phạm Cẩm Nam, Trần Ngọc Tuyền, Lâm Đại Tú, Võ Đình Vũ, “*Xác định các đặc tính của nguyên liệu Diatomite Phú Yên bằng FT-IR, XRF, XRD kết hợp với phương pháp tính toán lý thuyết DFT*”. Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Đại học Đà Nẵng, **số 2**, (2009).
- [16]. Phạm Cẩm Nam, Trần Ngọc Tuyền, Trần Thanh Tuấn, “*Vai trò của Diatomite Phú Yên trong sản xuất xi măng Portland trên cơ sở clinker Long Thọ*”. Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Đại học Đà Nẵng, **số 3**, (2010).
- [17]. Do, Q.M., Nguyen, H.T., “*Characteristics of Novel Geopolymer Composites Synthesized from Red Mud and Diatomaceous Earth in Autoclave Conditions without Using Alkaline Activators*”, Journal of Polymer and Composites, **Vol. 8**, No. 3, pp. 81-91, (2020).
- [18]. Trần Doãn Minh Đăng, Mai Thanh Phong, “*Nghiên cứu quá trình xử lý Diatomite Lâm Đồng để sản xuất chất trợ lọc*”. Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ, **số 14**, tr. 54-60, (2012).
- [19]. Đinh Quang Khiếu, Nguyễn Văn Hiếu, “*Một số đặc trưng hóa lý của khoáng diatomit Phú Yên và hoạt tính xúc tác cho phản ứng hydroxyl hóa phenol*”. Tạp chí Hóa học, tr. 342-346, (2009).
- [20]. Đỗ Xuân Đồng, Trịnh Tuấn Khang, Trần Quang Vinh, Vũ Anh Tuấn, “*Nghiên cứu tổng hợp, đặc trưng vật liệu mao quản trên nền khoáng sét Diatomite*”. Tạp chí Hóa học, **số 45**, tr. 83 – 87, (2007).
-

ABSTRACT

Optimization of Cd (II) adsorption by diatomite using the response surface method

Environmental protection is a high concern because the emission of human waste is increasing which causes irreparable effects on the environment and human health. The wastewaters contain heavy metal ions such as Cd (II) that have a significant impact because of their high toxicity and long-term accumulation in the body. At present, the use of Diatomite is one of the preferred options due to its ability to effectively remove heavy metals and low-cost adsorbent. This study was to optimize the adsorption of Cd (II) ion from the aqueous solution using Diatomite by the Response Surface Method via Design-Expert software with adsorption parameters including pH, adsorption time, and adsorbent dosage. The experiments and optimization calculations showed that the adsorption efficiency of Cd reached 99% at a pH value of 3.8, contact time of 1.85 hours, and adsorbent dosage of 0.22 g/mL.

Keywords: Environment; Diatomite; Metal adsorption; Optimization.