

NGHIÊN CỨU ĐÁ ONG BIẾN TÍNH BẰNG QUẶNG APATIT LÀM PHA TÍNH TRONG CHIẾT PHA RẮN, ỨNG DỤNG ĐỂ TÁCH VÀ LÀM GIÀU Fe(III), Cr(VI)

Đến Toà soạn 29 - 8 - 2013

Ngô Thị Mai Việt

Khoa Hóa học – Trường Đại học Sư phạm Thái Nguyên

SUMMARY

STUDY ON MODIFIED LATERITE BY APATITE ORE TO MAKE SOLID PHASE IN SPE FOR SEPERATING AND PRECONCENTRATING OF Fe(III), Cr(VI)

This paper focus on the adsorption of Fe(III), Cr(VI) in aqueous solution on modified laterite by apatite ore additional cerium. Some physicochemistry properties of the material have been determined by SEM, XRD, IR and BET method. The result indicates that, Ca(II), Al(III), NO₃⁻ and Cl⁻ ions in research solution reduce Fe(III) and Cr(VI) adsorption capacity of the material. The solution of 0.01M EDTA was used for elution. The real of adsorption capacity for each metal was found as 10.49mg/g (Fe) and 3.89mg/g (Cr), respectively. It could be enriched and determined using modified laterite by apatite ore as SPE column. Concentration of Fe(III), Cr(VI) in waste water sample was analyzed by using SPE and UV-Vis.

1. MỞ ĐẦU

Trong những năm gần đây, chiết pha rắn được ứng dụng phổ biến ở nhiều phòng thí nghiệm và nhiều trung tâm nghiên cứu. Mặt khác, nhờ công nghệ hiện đại, việc biến tính các vật liệu hấp thu cổ điển đã tạo ra nhiều loại pha rắn có các tính năng ưu việt, làm cho phương pháp chiết

pha rắn ngày càng trở nên hiệu quả. Ngoài những ưu điểm trên, chiết pha rắn còn có khả năng tách các chất từ các mẫu có nền phức tạp, loại trừ ảnh hưởng của các chất nền và các chất lạ có trong mẫu phân tích, định lượng các chất đến mức pg/mL [3, 4]. Trong nghiên cứu này, chúng tôi hướng tới việc biến tính đá ong tự nhiên thành

vật liệu hấp thụ dùng làm pha tĩnh trong chiết pha rắn và ứng dụng vật liệu này để làm giàu và xác định một số ion kim loại nặng như Fe(III), Cr(VI),... trong một số nguồn nước.

2. THỰC NGHIỆM

1. Nguyên liệu

Đá ong tự nhiên, quặng apatit tự nhiên.

2. Hóa chất và thiết bị

*Hóa chất: CeO_2 98%, $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$, $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$, EDTA 99,9%, NaOH, HNO_3 , K_2CrO_4 , KNO_3 , $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, NaCl, 1,5 – diphenylcacbazide, axit sunfosalisilic (H_2SSal)...

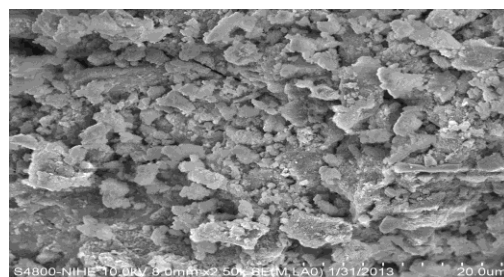
* Thiết bị:

- Máy nghiền, máy lọc, tủ sấy, máy đo pH.
- Máy quang phổ hấp thụ phân tử UV mini 1240 của hãng Shimadzu - Nhật Bản.
- Nồng độ của ion Fe(III), Cr(VI) trong dung dịch trước và sau khi hấp phụ được xác định bằng phương pháp quang phổ hấp thụ phân tử.

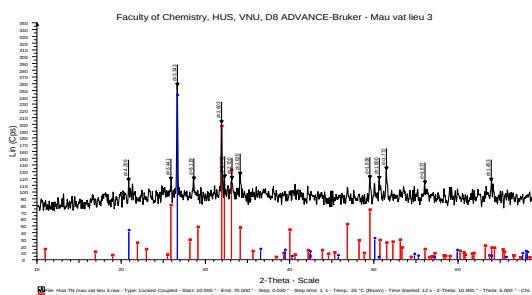
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Một số đặc trưng hoá lý của đá ong biến tính

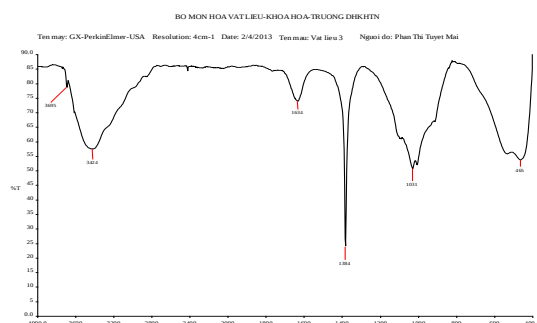
Vật liệu đá ong biến tính bằng quặng apatit sử dụng trong nghiên cứu này được điều chế theo [1]. Hình ảnh SEM, giản đồ nhiễu xạ tia X (XRD), phổ hồng ngoại IR của vật liệu được trình bày trong các hình và bảng dưới đây.



Hình 1. Ảnh SEM của đá ong biến tính



Hình 2. Giản đồ XRD của đá ong biến tính



Hình 3. Phổ hồng ngoại của đá ong biến tính

Qua ảnh SEM của vật liệu cho thấy, bề mặt vật liệu đá ong biến tính tương đối xốp.

Do có thành phần đá ong và quặng apatit nên giản đồ XRD của đá ong biến tính xuất hiện các pic đặc trưng của tinh thể SiO_2 dạng quart; tinh thể fluoroapatit $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$.

Phổ hồng ngoại của đá ong biến tính xuất hiện cực đại hấp thụ mạnh và rộng ở 1031cm^{-1} đặc trưng cho liên kết hóa trị P-O-H; cực đại chân rộng ở bước sóng

3424cm⁻¹ đặc trưng cho các tâm axit yếu của nhóm Si-OH. Cực đại hấp thụ ở 1634cm⁻¹ của đá ong biến tính đặc trưng cho liên kết biến dạng O-H của H₂O kết tinh, điều đó cho thấy sự tồn tại của các tinh thể kết tinh trong đá ong biến tính.

Diện tích bề mặt riêng của vật liệu được xác định theo phương pháp hấp phụ đa phân tử BET. Kết quả cho thấy diện tích bề mặt riêng của vật liệu là 97,85 m²/g.

3.2. Nghiên cứu khả năng hấp phụ Fe(III), Cr(VI) của đá ong biến tính

Với mục đích hướng việc sử dụng đá ong biến tính làm cột chiết pha rắn ứng dụng trong phân tích, làm giàu các ion kim loại nặng nên trong bài báo này, chúng tôi nghiên cứu khả năng hấp

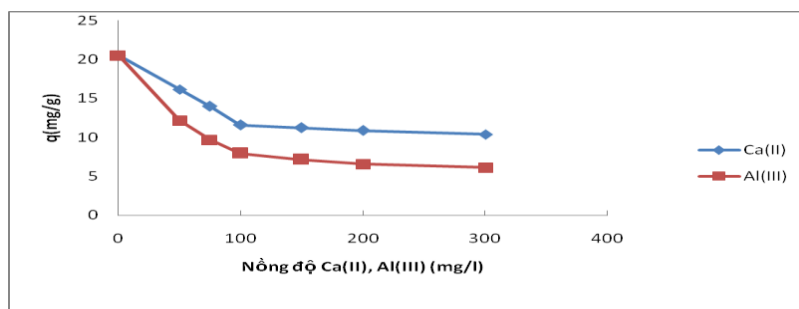
phụ Fe(III), Cr(VI) của đá ong biến tính theo phương pháp động. Tuy vậy, do trong mẫu thực, ngoài ion kim loại nghiên cứu, còn có rất nhiều ion khác có thể gây ảnh hưởng tới khả năng hấp phụ các ion kim loại nghiên cứu của vật liệu nên trước tiên, chúng tôi khảo sát sự ảnh hưởng của một số ion tới khả năng hấp phụ Fe(III), Cr(VI) của vật liệu.

3.2.1. Khảo sát ảnh hưởng của ion Ca(II), Al(III) tới khả năng hấp phụ Fe(III), ảnh hưởng của ion NO₃⁻ và Cl⁻ tới khả năng hấp phụ Cr(VI) của vật liệu

Kết quả thu được trình bày trong bảng 1 hình 4 và bảng 2 hình 5.

Bảng 1. Ảnh hưởng của ion Ca(II), Al(III) tới khả năng hấp phụ Fe(III) của vật liệu

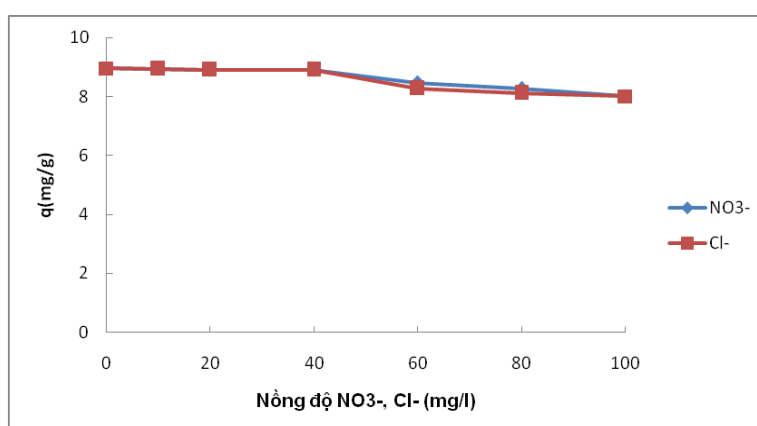
Nồng độ ion lạ (mg/L)	Ca(II)			Al(III)		
	Co(mg/L)	Ccb(mg/L)	q(mg/g)	Co(mg/L)	Ccb(mg/L)	q(mg/g)
0	298,73	134,57	20,52	298,73	134,57	20,52
50	298,73	169,29	16,18	298,73	201,37	12,17
75	298,73	186,79	13,97	298,73	221,37	9,67
100	298,73	205,85	11,61	298,73	235,05	7,96
150	298,73	215,61	11,23	298,73	241,69	7,13
200	298,73	230,25	10,86	298,73	246,09	6,58
300	298,73	243,21	10,39	298,73	249,77	6,12



Hình 4. Ảnh hưởng của ion Ca(II), Al(III) tới khả năng hấp phụ Fe(III) của vật liệu

Bảng 2. Ảnh hưởng của ion NO₃⁻ và Cl⁻ tới khả năng hấp phụ Cr(VI) của vật liệu

Nồng độ ion lạ (mg/L)	NO ₃ ⁻			Cl ⁻		
	Co (mg/L)	Ccb (mg/L)	q (mg/g)	Co (mg/L)	Ccb (mg/L)	q (mg/g)
0	97,84	26,24	8,95	97,84	26,24	8,95
10	97,84	26,40	8,93	97,84	26,32	8,94
20	97,84	26,56	8,91	97,84	26,56	8,91
40	97,84	26,64	8,90	97,84	26,64	8,90
60	97,84	30,16	8,46	97,84	31,68	8,27
80	97,84	31,68	8,27	97,84	32,96	8,11
100	97,84	33,76	8,01	97,84	33,76	8,01



Hình 5. Ảnh hưởng của ion NO₃⁻ và Cl⁻ tới khả năng hấp phụ Cr(VI) của vật liệu

Các kết quả nghiên cứu cho thấy: trong miền nồng độ khảo sát (50 – 300mg/L),

ion Ca(II) và ion Al(III) đều gây ảnh hưởng đến khả năng hấp phụ Fe(III) của

vật liệu. Mức ảnh hưởng càng lớn khi nồng độ của các ion này càng tăng. Trong cùng một nồng độ khảo sát, ion Al(III) gây ảnh hưởng lớn hơn ion Ca(II). Điều này có thể được giải thích là do ion Al(III) có cùng điện tích với ion Fe(III) nên sự hấp phụ cạnh tranh giữa hai ion này xảy ra mạnh mẽ hơn, làm dung lượng hấp phụ Fe(III) của vật liệu giảm nhiều hơn.

Đối với Cr(VI): trong miền nồng độ khảo sát (10 – 100mg/L), ion NO_3^- và ion Cl^- gây ảnh hưởng ít đến khả năng hấp phụ Cr(VI) của vật liệu. Khi nồng độ ion NO_3^- và Cl^- tăng thì dung lượng hấp phụ của VLHP giảm nhẹ. Cụ thể, ở vùng nồng độ nhỏ hơn 40mg/L, ion NO_3^- , Cl^- hầu như không ảnh hưởng đến khả năng hấp phụ Cr(VI) của vật liệu. Ở khoảng nồng độ lớn hơn 40mg/L và nhỏ hơn 100mg/L, hai ion này gây ảnh hưởng rất ít tới khả

năng hấp phụ Cr(VI) của vật liệu. Mức ảnh hưởng của các ion NO_3^- và Cl^- tới khả năng hấp phụ Cr(VI) của vật liệu là tương đương nhau.

3.2.2. Nghiên cứu khả năng hấp phụ Fe(III), Cr(VI) của đá ong biến tính theo phương pháp động

Ba dung dịch (thể tích mỗi dung dịch là 500mL, pH của các dung dịch là

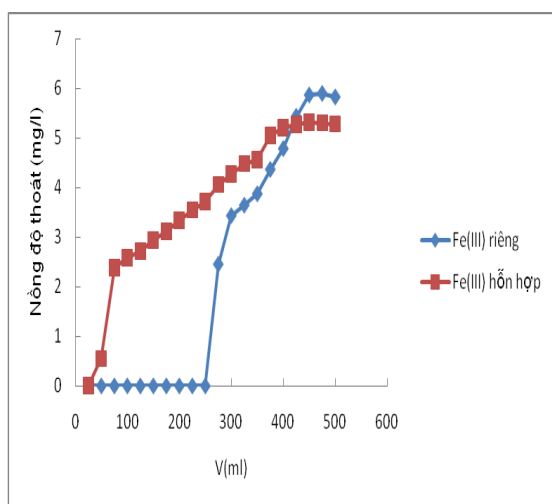
2,0 chứa 200mg/L Fe(III); 100mg/L Cr(VI); hỗn hợp gồm 200mg/L Fe(III) và 100mg/L Cr(VI) được lần lượt cho qua cột chiết chứa 5,0 gam vật liệu đá ong biến tính với tốc độ dòng 2,0mL/phút. Sau mỗi phân đoạn thể tích (25mL), xác định lại nồng độ của các ion kim loại trong dung dịch đi ra khỏi cột hấp phụ.

Kết quả nghiên cứu khả năng tách loại và thu hồi Fe(III), Cr(VI) theo phương pháp hấp phụ động được chỉ ra trong các bảng 3, 4 và các hình 6, 7.

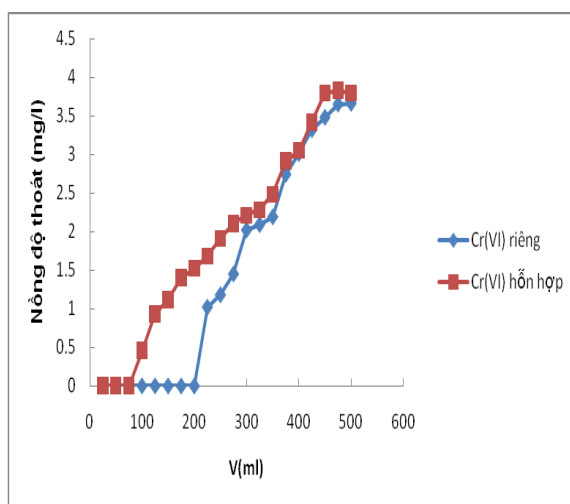
Bảng 3. Hàm lượng ion Fe(III), Cr(VI) sau mỗi lần xác định

Số lần cho 50mL dung dịch qua cột	V(mL) dung dịch qua cột tính từ lần 1	Hàm lượng Fe(III) xác định được (nồng độ thoát) sau mỗi lần cho 25mL qua cột		Hàm lượng Cr(VI) xác định được (nồng độ thoát) sau mỗi lần cho 25mL qua cột	
		Dung dịch riêng $C_o=200,03$ (mg/L)	Dung dịch hỗn hợp $C_o=200,03$ (mg/L)	Dung dịch riêng $C_o=100,07$ (mg/L)	Dung dịch hỗn hợp $C_o=100,07$ (mg/L)
1	25	0,00	0,00	0,00	0,00
2	50	0,00	0,55	0,00	0,00
3	75	0,00	2,38	0,00	0,00
4	100	0,00	2,58	0,00	0,46

5	125	0,00	2,72	0,00	0,93
6	150	0,00	2,94	0,00	1,12
7	175	0,00	3,12	0,00	1,40
8	200	0,00	3,34	0,00	1,52
9	225	0,00	3,55	1,02	1,68
10	250	0,00	3,71	1,18	1,91
11	275	2,45	4,06	1,45	2,10
12	300	3,43	4,27	2,02	2,21
13	325	3,64	4,48	2,09	2,28
14	350	3,87	4,56	2,19	2,48
15	375	4,36	5,05	2,74	2,91
16	400	4,78	5,21	3,01	3,05
17	425	5,43	5,27	3,32	3,41
18	450	5,86	5,32	3,68	3,79
19	475	5,89	5,30	3,65	3,83
20	500	5,82	5,28	3,66	3,79



Hình 6. Khả năng hấp phụ động đối với Fe(III) của vật liệu



Hình 7. Khả năng hấp phụ động đối với Cr(VI) của vật liệu

Bảng 4. Dung lượng hấp phụ động của Fe(III) và Cr(VI)

Dung lượng hấp phụ q	Fe(III)		Cr(VI)	
	mg/g	mmol/g	mg/g	mmol/g
Trong dung dịch riêng	10,89	0,195	4,04	0,078
Trong dung dịch hỗn hợp	5,26	0,094	2,29	0,043
Tổng cả 2 nguyên tố	0,137 (mmol/g)			

Các kết quả ở các bảng 3, 4, hình 6 và 7 cho thấy vật liệu đá ong biến tính có khả năng hấp phụ động các ion Fe(III), Cr(VI) khá tốt. Nồng độ các ion Fe(III), Cr(VI) sau khi chảy qua cột bằng 0 ở các phân đoạn đầu tiên, sau đó tăng dần và gần như không đổi ở các phân đoạn 18, 19 và 20 đối với cả hai ion.

Dung lượng hấp phụ các ion kim loại chỉ ra ở bảng 4 là dung lượng hấp phụ động biểu kiến. Để xác định chính xác dung lượng hấp phụ Fe(III), Cr(VI) thực khi chạy động cần phải giải hấp các ion kim loại bằng một pha động thích hợp.

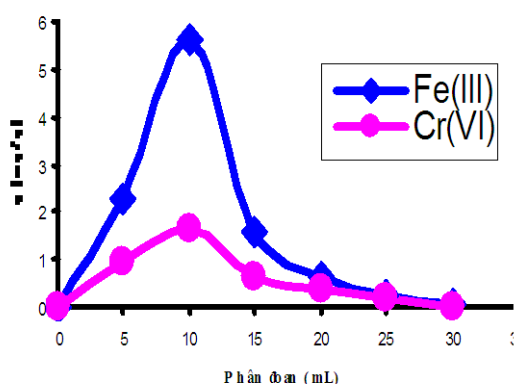
Kết quả giải hấp Fe(III), Cr(VI) trong các dung dịch riêng và dung dịch hỗn hợp bằng dung dịch EDTA 0,01M được chỉ ra ở các bảng 5, 6 và các hình 8, 9.

Bảng 5. Kết quả giải hấp Fe(III), Cr(VI) bằng dung dịch EDTA 0,01M

Phân đoạn thể tích V(mL)	Dung lượng q(mg/g)			
	Fe(III)		Cr(VI)	
	Dung dịch riêng	Dung dịch hỗn hợp	Dung dịch riêng	Dung dịch hỗn hợp
0	0,00	0,00	0,00	0,00
5	2,30	1,01	0,95	0,41
10	5,65	2,70	1,66	1,19
15	1,59	0,78	0,65	0,42
20	0,66	0,39	0,41	0,10
25	0,25	0,05	0,21	0,03
30	0,04	0,01	0,01	0,01

Bảng 6. Hiệu suất giải hấp Fe(III), Cr(VI) theo phân đoạn

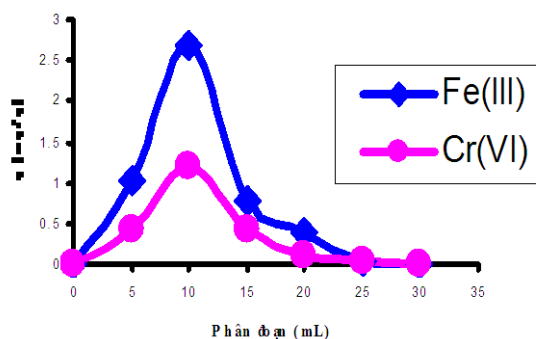
Phân đoạn thể tích V(mL)	Hiệu suất %			
	Fe(III)		Cr(VI)	
	Dung dịch riêng	Dung dịch hỗn hợp	Dung dịch riêng	Dung dịch hỗn hợp
15	87,60	85,36	80,69	88,21
20	93,66	92,77	90,84	92,58
25	95,96	93,73	96,04	93,88



Hình 8. Đồ thị giải hấp Fe(III), Cr(VI) trong dung dịch riêng

Bảng 7. Dung lượng hấp phụ động thực của Fe(III), Cr(VI)

Dung lượng hấp phụ q	Fe(III)		Cr(VI)	
	mg/g	mmol/g	mg/g	mmol/g
Trong dung dịch riêng	10,49	0,187	3,89	0,075
Trong dung dịch hỗn hợp	4,94	0,088	2,16	0,042
Tổng cả 2 nguyên tố	0,130 (mmol/g)			



Hình 9. Đồ thị giải hấp Fe(III), Cr(VI) trong dung dịch hỗn hợp

Từ các kết quả ở bảng 5 và 6, hình 8 và 9 nhận thấy, dung dịch EDTA 0,01M có thể dùng để giải hấp khá tốt các ion kim loại hấp phụ trên vật liệu. Pic giải hấp khá cân đối, chỉ cần 4 phân đoạn ứng với thể tích 20mL có thể giải hấp gần như hoàn toàn (hiệu suất trên 90%) các ion kim loại. Nếu lấy 5 phân đoạn ứng với thể tích 25mL thì hiệu suất giải hấp lên đến 96% (đối với các ion trong dung dịch riêng) và trên 93% (đối với các ion trong dung dịch hỗn hợp). Như vậy toàn có thể sử dụng vật liệu đá ong biến tính để phân tích và làm giàu các ion kim loại.

Dung lượng hấp phụ động thực tế của Fe(III), Cr(VI) trên vật liệu đá ong biến tính được thống kê trong bảng 7.

Các kết quả cho thấy dung lượng hấp phụ động của các ion Fe(III), Cr(VI) trên vật liệu đá ong biến tính bằng quặng apatit tương đối cao. Như vậy có thể sử dụng vật liệu này để tách loại ion Fe(III), Cr(VI) có trong các nguồn nước.

3.2.3. Kết quả xử lý mẫu nước thải chứa Fe(III) và Cr(VI)

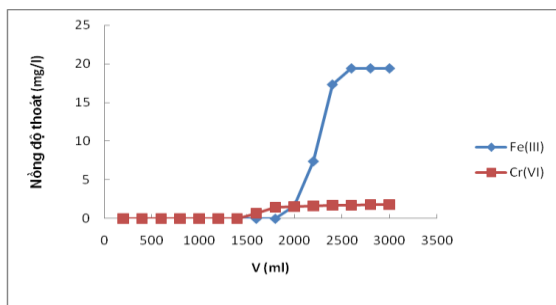
Mẫu nước thải chứa Fe(III), Cr(VI) được

lấy tại Nhà máy Gang thép Thái Nguyên vào 9h ngày 22/10/2012. Quá trình lấy mẫu, xử lý mẫu và bảo quản mẫu theo đúng TCVN 5999-1995 [2].

Tiến hành cho 3 lít nước thải chứa Fe(III), Cr(VI) được cố định ở pH = 2,0 chảy qua cột chứa 5 gam vật liệu với tốc độ dòng 2,0mL/phút. Sau mỗi phân đoạn thể tích (200mL), xác định lại nồng độ của các ion kim loại trong dung dịch đi ra khỏi cột hấp phụ. Các kết quả được trình bày trong bảng 8 và hình 10.

Bảng 8. Nồng độ nước thải chứa Fe(III) và Cr(VI) sau khi ra khỏi cột hấp phụ

Số lần cho 200mL dung dịch qua cột	V(mL) dung dịch qua cột tính từ lần 1	Hàm lượng Fe(III) xác định được (nồng độ thoát) sau mỗi lần cho 200 mL qua cột Co=35,86mg/L	Hàm lượng Cr(VI) xác định được (nồng độ thoát) sau mỗi lần cho 200mL qua cột Co=7,78mg/L
1	200	0,00	0,00
2	400	0,00	0,00
3	600	0,00	0,00
4	800	0,00	0,00
5	1000	0,00	0,00
6	1200	0,00	0,00
7	1400	0,00	0,08
8	1600	0,00	0,69
9	1800	0,00	1,47
10	2000	1,67	1,58
11	2200	7,41	1,65
12	2400	17,32	1,74
13	2600	19,45	1,78
14	2800	19,46	1,83
15	3000	19,43	1,82
Tổng hàm lượng ion kim loại có trong mẫu		107,58	23,34
Tổng hàm lượng ion kim loại thoát ra		84,74	12,64
Dung lượng hấp phụ trên cột (mg)		22,84	10,70
Dung lượng hấp phụ (mg/g)		4,57	2,14



Hình 10. Sự hấp phụ động của mẫu nước thải chứa Fe(III) và Cr(VI)

Kết quả cho thấy đá ong biến tính có khả năng tách loại khá tốt ion Fe(III) và Cr(VI) trên cột. Nồng độ ion Fe(III) trong mẫu nước thải bằng 0 sau 9 phân đoạn đầu tương ứng với 1800mL, nồng độ Cr(VI) bằng 0 sau 6 phân đoạn đầu tương ứng với 1200mL, sau đó tăng dần và hầu như không đổi ở các phân đoạn sau. Như vậy, dung lượng hấp phụ Fe(III), Cr(VI) (tính cho 1 gam vật liệu) trong mẫu nước thải (lần lượt là 4,57mg/g và 2,14mg/g) thấp hơn trong mẫu giả (4,94mg/g và 2,16mg/g). Điều này có thể là do trong mẫu nước thải, ngoài Fe(III) và Cr(VI) còn có nhiều ion khác nên xảy ra sự hấp phụ cạnh tranh giữa các ion, từ đó làm giảm dung lượng hấp phụ Fe(III), Cr(VI) của vật liệu.

Các kết quả thực nghiệm cho thấy, có thể nghiên cứu ứng dụng vật liệu hấp phụ đá ong biến tính bằng quặng apatit trong thực tiễn để xử lý nguồn nước thải có chứa Fe(III), Cr(VI).

4. KẾT LUẬN

1. Đã nghiên cứu một số đặc trưng hoá lý của đá ong biến tính bằng các phương

pháp SEM, XRD, IR, BET.

2. Nghiên cứu ảnh hưởng của các ion lạ đến khả năng hấp phụ Fe(III), Cr(VI) của vật liệu cho thấy, ion Ca(II) và Al(III) gây ảnh hưởng lớn đến khả năng hấp phụ Fe(III) của vật liệu; ion Cl⁻ và NO₃⁻ gây ảnh hưởng ít đến khả năng hấp phụ Cr(VI) của vật liệu.

3. Nghiên cứu khả năng hấp phụ Fe(III), Cr(VI) của vật liệu theo phương pháp động cho kết quả tốt. Dung lượng hấp phụ các ion kim loại trong các dung dịch riêng và dung dịch hỗn hợp lần lượt là: 10,49mg/g, 4,94mg/g đối với Fe(III); 3,89mg/g, 2,16mg/g đối với Cr(VI).

4. Dung dịch EDTA 0,01M có thể dùng để giải hấp các ion kim loại. Với thể tích dung dịch rửa giải là 25mL thì hiệu suất giải hấp các ion kim loại nghiên cứu đạt trên 93%.

5. Với 5 gam vật liệu có thể hấp phụ hoàn toàn các ion Fe(III), Cr(VI) (có nồng độ ban đầu lần lượt là 35,86mg/L và 7,78mg/L) trong 1200mL nước thải.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Ngô Thị Mai Việt, Nguyễn Thị Hoa, Ninh Thị Mơ, Dương Thị Tâm, Phạm Hồng Chuyên “Nghiên cứu khả năng hấp phụ Fe(III) của vật liệu đá ong biến tính bằng quặng apatit”, *Kỷ yếu hội thảo khoa học cán bộ trẻ các trường Đại học Sư phạm toàn quốc*, lần thứ III, tr 253-258 (2013).

2. Tiêu chuẩn nhà nước Việt Nam về môi trường - Tập 1. Chất lượng nước, lấy mẫu nước, bảo quản chúng. Lấy mẫu nước thải, TCVN 5999 – 1995.

3. H.Tel, Y.Altas, M.S.Taner Adsorption characteristics and separation of Cr(III) and Cr(VI) on hydrous titanium (IV) oxide, *Journal of Hazardous Materials*, 112, pp.225 - 231 (2004).

4. Khaled S.Abou-El-Sherbini, I.M.M. Kenawy, M.A. Hamed, R.M.Issa, R. Elmorsi, Separation and preconcentration in batch mode of Cd(II), Cr(III,VI), Cu(II), Mn(II,VII) and Pb(II) by solid-phase extraction by using of silica modified with N-propylsalicylaldehyde, *Talanta*, 58 (2002) pp.289 - 300 (2002).

NGHIÊN CỨU KHẢ NĂNG DỊCH CHUYỂN..... (tiếp theo tr.9)

Xác định hàm lượng ion Cu, Mn, Cr, As trong mẫu nước bằng phương pháp kích hoạt neutron có xử lý hóa học sau khi chiết pha rắn phức 8-Hydroxyquinoline của chúng trên than hoạt tính. Tạp chí Hóa học, T 48 (4C), 2010.

2. Nguyễn Ngọc Tuấn. Trương Minh Trí. Nguyễn Thị Thu Sinh. Xác định hàm lượng các ion Cr(III), Cr(VI), As(III) và As(V) trong mẫu nước thải bằng phương pháp kích hoạt neutron có xử lý hóa học sau khi hấp phụ phức Amonium pyrolidine dithiocarbamate (APDC) của chúng trên than hoạt tính. Tạp chí Hóa học, T1/2010.

3. Nguyễn Ngọc Tuấn. Báo cáo Tổng kết đề tài: “Ứng dụng phương pháp kích hoạt

neutron và các phương pháp phân tích hóa lý hiện đại, đánh giá tình trạng môi trường ở 3 khu công nghiệp của tỉnh Phú Yên và đề xuất giải pháp khắc phục, phòng ngừa”, Phú Yên, tháng 3/2011.

4. Trần Văn Quang. Mô hình chất lượng nước. NXB Đại học Quốc Gia, 2008, Tr. 17.

5. Nguyễn Xuân Nguyên. Phân tích và tổng hợp hệ thống cung cấp, xử lý nước sản xuất công nghiệp. NXB Khoa học và Kỹ thuật. Hà Nội. 2004. Tr. 219 - 222.

6. Van Rijn (1987). “Mathematical Modelling of Morphological Processes in the Case of Suspended Sediment Transport”, Delft Hydraulics Communication No. 382.