

NGHIÊN CỨU KHẢ NĂNG HẤP PHỤ Mn(II), Ni(II) CỦA VẬT LIỆU CHẾ TẠO TỪ SẮT (III) NITRAT, NATRI SILICAT VÀ PHOTPHAT

Đến tòa soạn 10 - 5 - 2015

Ngô Thị Mai Việt

Khoa Hóa học – Trường Đại học Sư phạm Thái Nguyên

SUMMARY

STUDY ON ADSORPTION CAPACITY OF Mn(II), Ni(II) ON THE MATERIAL MADE FROM IRON NITRATE, NATRIUM SILICATE AND PHOTSPHATE

This paper focus on the adsorption of Mn(II), Ni(II) in aqueous solution on the material made from iron nitrate, silicate and photsphate. Some physicochemistry properties of the material have been determined by BET, SEM, XRD and IR method. The experiments were conducted using the following parameters: quilibrium time is 180 minutes for Mn(II), 210 minutes for Ni(II); adsorbent mass is 0.1g; pH is 3.5 - 5.0 for Mn(II), 5.0 for Ni(II). Adsorption capacity for each metal was found as 17.56mg/g for Mn(II) and 18.48mg/g for Ni(II) at 25⁰C, respectively. The result indicates that, Ca²⁺, Zn²⁺ and Al³⁺ ions in research solution reduce Mn(II), Ni(II) adsorption capacity of the material.

1. MỞ ĐẦU

Ngoài các vật liệu hấp phụ có nguồn gốc tự nhiên, một số vật liệu hấp phụ được chế tạo từ hóa chất cũng được nhiều tác giả quan tâm nghiên cứu nhằm mục đích hấp phụ các chất độc hại trong môi trường nước. Các vật liệu được nghiên cứu chế tạo có thể là vật liệu nano [2,3,6,8,9]; canxi photphat [5] hay vật liệu tổng hợp từ các hợp chất hữu cơ [7]. Trong bài báo này, chúng tôi nghiên cứu khả năng hấp phụ Mn(II), Ni(II) của vật liệu hấp phụ chế tạo từ sắt (III) nitrat, silicat và photphat.

2. THỰC NGHIỆM

1. Hóa chất

Fe(NO₃)₃.9H₂O 99%; Mn(NO₃)₂ 50%, d = 1,51 g/mL; Ni(NO₃)₂.6H₂O 99%; HgSO₄ 98,5%; H₃PO₄ 85%; Na₂SiO₃.9H₂O 99%; Na₃PO₄.12H₂O 99%; NaOH 98,5%, HNO₃ 65%; (NH₄)₂S₂O₈ 99%; Ca(NO₃)₂.4H₂O 99%; Al(NO₃)₃.9H₂O 99%...

2. Thiết bị

- Máy lắc, tủ sấy, máy đo pH.
- Máy quang phổ hấp thụ phân tử UV mini 1240 của hãng Shimadzu - Nhật Bản.

3. Chế tạo vật liệu

Quá trình chế tạo vật liệu hấp phụ từ các dung dịch muối sắt (III) nitrat, silicat và photphat được tiến hành theo tài liệu [4].

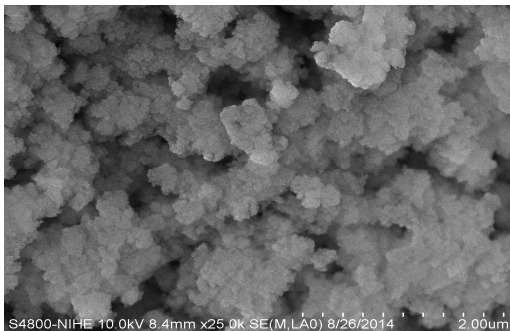
- Bước 1: Pha 250mL dung dịch $Fe(NO_3)_3$ 0,5M thu được dung dịch (1).
- Bước 2: Pha 250mL dung dịch Na_2SiO_3 0,5M thu được dung dịch (2).
- Bước 3: Pha 250mL dung dịch Na_3PO_4 0,5M thu được dung dịch (3).
- Bước 4: Nhỏ từ từ dung dịch (1) và dung dịch (2) vào dung dịch (3) vừa nhỏ vừa khuấy dung dịch liên tục bằng máy khuấy từ. Khi nhỏ hết dung dịch (1) và dung dịch (2), điều chỉnh pH của hỗn hợp phản ứng về vùng trung tính bằng dung dịch HNO_3 0,1M hoặc dung dịch $NaOH$ 0,1M. Sau khi điều chỉnh pH, hỗn hợp phản ứng được khuấy tiếp trong 1 giờ.
- Bước 5: Thủy nhiệt dung dịch trong 48 ÷ 72 giờ ở 60 ÷ 70°C để ổn định hỗn hợp phản ứng.
- Bước 6: Lọc rửa mẫu vật liệu đã thủy nhiệt nhiều lần bằng nước cất. Sấy khô vật liệu ở 110°C. Để nguội, nghiền và rây vật liệu ở các kích thước hạt khác nhau. Bảo quản vật liệu trong lọ polietilen sạch và đậy kín.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

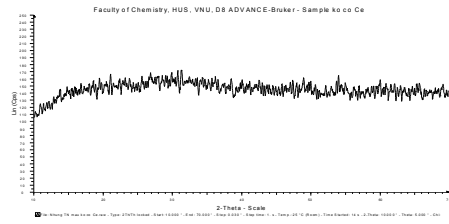
3.1. Một số đặc trưng hoá lý của vật liệu

Kết quả đo diện tích bề mặt riêng của vật liệu là: 87,1156 m²/g

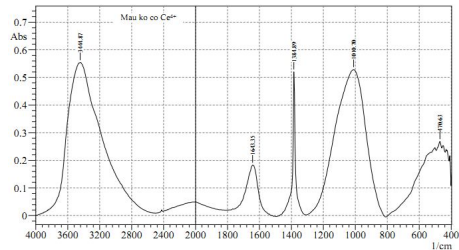
Hình ảnh SEM, giản đồ nhiễu xạ tia X (XRD), phổ hồng ngoại IR của vật liệu được trình bày trong các hình và bảng dưới đây.



Hình 1. Ảnh SEM của vật liệu



Hình 2. Giản đồ XRD của vật liệu

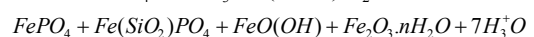
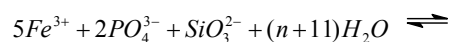
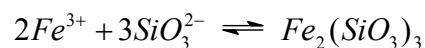
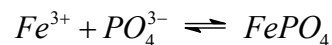


Hình 3. Phổ hồng ngoại của vật liệu

Kết quả ảnh SEM của vật liệu cho thấy, bề mặt vật liệu có độ xốp tương đối cao và đồng đều.

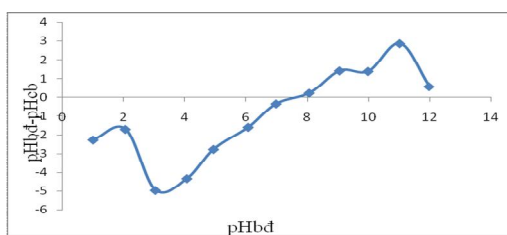
Giản đồ XRD của vật liệu xuất hiện kết tủa vô định hình của Fe^{3+} với PO_4^{3-} và SiO_3^{2-} .

Phổ hồng ngoại của vật liệu xuất hiện cực đại hấp thụ mạnh và rộng ở 1010,70cm⁻¹ đặc trưng cho liên kết hóa trị P-O-H; cực đại chân rộng ở bước sóng 3444,87cm⁻¹ đặc trưng cho các tâm axit yếu của nhóm Si-OH; cực đại hấp thụ ở 1643,35cm⁻¹ đặc trưng cho liên kết biến dạng O-H của H₂O kết tinh. Việc phân tích phổ hồng ngoại cũng như giản đồ nhiễu xạ tia X của vật liệu bước đầu cho thấy các tâm hoạt động PO_4^{3-} và SiO_3^{2-} có thể đã xuất hiện trên bề mặt vật liệu. Trên cơ sở các kết quả nghiên cứu này, chúng tôi giả thiết quá trình chế tạo vật liệu xảy ra các phản ứng sau:



3.2. Xác định điểm đẳng điện của vật liệu

Kết quả xác định điểm đẳng điện của vật liệu hấp phụ được thể hiện trong hình 4.



Hình 4. Điểm đẳng điện của vật liệu

Kết quả nghiên cứu cho thấy giá trị điểm đẳng điện (pI) của vật liệu hấp phụ là 7,8.

3.3. Nghiên cứu khả năng hấp phụ Mn(II), Ni(II) của vật liệu

3.3.1. Khảo sát ảnh hưởng của thời gian tiếp xúc giữa dung dịch nghiên cứu và vật liệu hấp phụ

Kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của thời gian tiếp xúc tới khả năng hấp phụ Mn(II), Ni(II) của vật liệu được chỉ ra trong bảng 1.

Bảng 1. Ảnh hưởng của thời gian đến khả năng hấp phụ Mn(II), Ni(II) của vật liệu

Ion kim loại	Thời gian (phút)	Các thông số hấp phụ		
		C_{cb} (mg/L)	q (mg/g)	H (%)
Mn(II) $C_0 = 47,56$ (mg/L)	10	32,96	3,56	30,69
	30	30,11	4,36	36,6
	60	27,74	4,96	41,67
	90	24,88	5,67	47,68
	120	21,35	6,55	55,11
	150	18,97	7,14	60,12
	180	18,73	7,21	60,62
	210	18,62	7,24	60,84
Ni(II) $C_0 = 48,13$ (mg/L)	10	28,28	4,96	41,24
	30	25,42	5,68	47,18
	60	24,45	5,92	49,20
	90	21,04	6,77	56,29
	120	19,03	7,28	60,46
	150	17,44	7,67	63,78
	180	15,78	8,09	67,21
	210	15,12	8,25	68,58
	240	15,05	8,27	68,73

Kết quả nghiên cứu cho thấy, thời gian đạt cân bằng hấp phụ giữa ion Mn(II), Ni(II)

với vật liệu lần lượt là 180 phút và 210 phút.

3.3.2. Khảo sát ảnh hưởng của khối lượng vật liệu hấp phụ

Khảo sát sự ảnh hưởng của khối lượng tới khả năng hấp phụ Mn(II), Ni(II) của vật liệu, chúng tôi thu được các kết quả trong bảng 2.

Bảng 2. Ảnh hưởng của khối lượng vật liệu đến khả năng hấp phụ Mn(II) và Ni(II)

Ion kim loại	Khối lượng vật liệu	Các thông số hấp phụ		
		C_{cb} (mg/L)	q (mg/g)	H (%)
Mn(II) $C_0 = 47,93$ (mg/L)	0,01	37,23	26,75	22,32
	0,02	32,91	17,78	31,34
	0,04	28,95	11,86	39,59
	0,05	27,92	10,01	41,75
	0,06	25,18	9,48	47,44
	0,08	20,19	8,66	81,93
	0,10	15,57	8,09	83,12
	0,20	8,82	4,89	89,79
Ni(II) $C_0 = 48,57$ (mg/L)	0,01	30,55	45,05	37,10
	0,02	26,78	27,24	48,86
	0,04	23,38	15,74	51,86
	0,05	19,62	14,48	59,61
	0,06	17,53	12,93	63,91
	0,08	11,42	11,61	76,49
	0,10	9,63	9,81	80,73
	0,20	8,68	4,99	82,13

Như vậy, khi khối lượng vật liệu hấp phụ tăng đồng nghĩa với sự tăng các trung tâm hấp phụ, dẫn đến hiệu suất hấp phụ Mn(II), Ni(II) tăng nhưng dung lượng hấp phụ giảm. Với khối lượng vật liệu là 0,1g thì dung lượng hấp phụ và hiệu suất hấp phụ

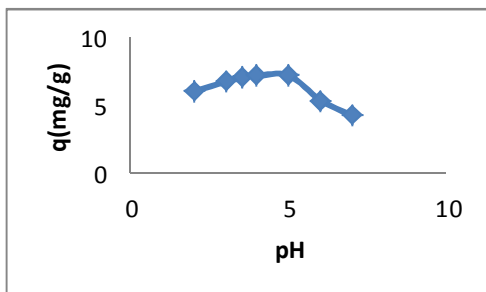
các ion kim loại của các vật liệu là khá cao. Trong các thí nghiệm tiếp theo, chúng tôi cân khối lượng của vật liệu hấp phụ là 0,1g.

3.3.3. Khảo sát ảnh hưởng của pH đến khả năng hấp phụ Mn(II) và Ni(II) của vật liệu

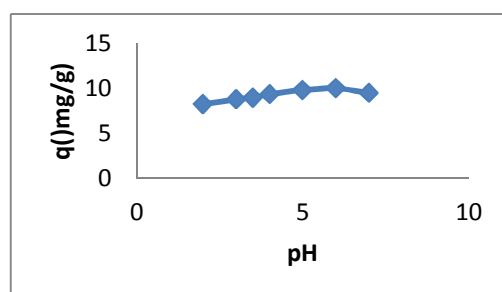
Kết quả nghiên cứu sự ảnh hưởng của pH đến khả năng hấp phụ Mn(II) và Ni(II) của vật liệu được trình bày trong bảng 3 và hình 5.

Bảng 3. Ảnh hưởng của pH đến khả năng hấp phụ Mn(II) và Ni(II) của vật liệu

Ion kimloại	pH	Các thông số hấp phụ		
		C _{cb} (mg/L)	q (mg/g)	H (%)
Mn(II) C ₀ = 47,14 (mg/L)	2,0	22,99	6,04	51,23
	3,0	20,19	6,73	57,17
	3,5	18,55	7,15	60,65
	4,0	14,42	7,18	69,41
	5,0	18,31	7,21	61,16
	6,0	25,67	5,37	45,54
	7,0	30,23	4,23	35,87
Ni(II) C ₀ = 48,01 (mg/L)	2,0	15,05	8,24	68,65
	3,0	12,85	8,79	73,23
	3,5	12,17	8,96	74,65
	4,0	10,56	9,36	78,01
	5,0	8,75	9,82	81,77
	6,0	7,97	10,01	83,35
	7,0	10,02	9,48	79,13



Hình 5a. Sự ảnh hưởng của pH đến khả năng hấp phụ Mn(II) của vật liệu



Hình 5b. Sự ảnh hưởng của pH đến khả năng hấp phụ Ni(II) của vật liệu

Kết quả nghiên cứu cho thấy, pH có ảnh hưởng khá lớn tới khả năng hấp phụ Mn(II)

của vật liệu. Cụ thể, khi $\text{pH} < 3,5$ thì xảy ra sự hấp phụ cạnh tranh giữa proton với ion Mn(II) nên giá trị pH càng nhỏ thì dung lượng hấp phụ Mn(II) càng thấp. Trong vùng pH từ $3,5 \div 5,0$, khi tăng pH thì dung lượng hấp phụ Mn(II) của vật liệu tăng còn khi pH lớn hơn $5,0$ thì dung lượng hấp phụ Mn(II) của vật liệu giảm. Điều này có thể là do khi pH của môi trường lớn hơn $5,0$ thì có thể xảy ra phản ứng tạo kết tủa mangan hydroxit, từ đó làm giảm khả năng hấp phụ mangan của vật liệu. Như vậy khoảng pH tối ưu cho sự hấp phụ Mn(II) của vật liệu là $3,5 \div 5,0$.

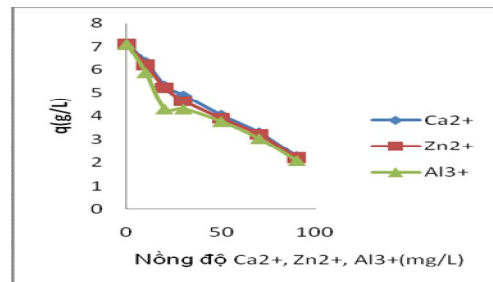
Đối với Ni(II) , khi pH tăng từ $2,0 \div 6,0$ thì dung lượng hấp phụ Ni(II) của vật liệu tăng dần và đạt giá trị cao nhất trong khoảng pH từ $5 \div 6$. Điều này có thể giải thích như sau: ở pH thấp, nồng độ ion H^+ cao nên xảy ra sự hấp phụ cạnh tranh giữa ion H^+ và ion niken, kết quả là làm giảm sự hấp phụ ion niken của VLHP. Ở pH cao, nồng độ ion H^+ giảm, trong khi nồng độ của ion niken gần như không đổi do đó sự hấp phụ ion niken chiếm ưu thế hơn dẫn đến dung lượng hấp phụ Ni(II) tăng. Tuy nhiên, ở pH cao hơn, dung lượng hấp phụ Ni(II) của VLHP giảm dần. Điều này có thể là do ở pH cao có sự hình thành phức hydroxo của Ni(II) nên đã làm hạn chế sự hấp phụ Ni(II) của vật liệu. Vì vậy, giá trị $\text{pH} = 5,0$ là thông số tối ưu cho sự hấp phụ Ni(II) của vật liệu.

Kết quả nghiên cứu cho thấy, giá trị pH tối ưu cho sự hấp phụ Mn(II) và Ni(II) trên vật liệu đều nhỏ hơn điểm đẳng điện của vật liệu. Với các giá trị pH này thì bề mặt vật liệu hấp phụ tích điện dương. Điều này chứng tỏ sự hấp phụ Mn(II) và Ni(II) trên vật liệu không phải là sự hấp phụ tĩnh điện giữa các ion kim loại tích điện dương và bề

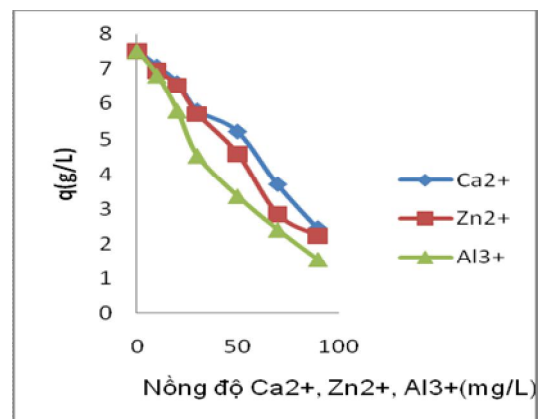
mặt vật liệu hấp phụ tích điện âm. Chúng tôi cho rằng, trong quá trình hấp phụ, xảy ra phản ứng giữa các cation kim loại nghiên cứu với các tâm hấp phụ $(\text{PO}_4)^{3-}$ và $(\text{SiO}_3)^{2-}$ trên vật liệu. Do đó, chúng tôi giả thiết, sự hấp phụ Mn(II) và Ni(II) trên vật liệu là sự hấp phụ hoá học.

3.3. 4. Khảo sát ảnh hưởng của một số ion lạ đến khả năng hấp phụ Mn(II) và Ni(II) của vật liệu

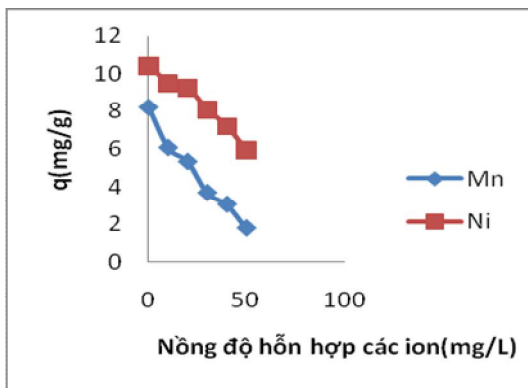
Hướng nghiên cứu đến việc thăm dò xử lý môi trường nên chúng tôi tiến hành khảo sát sự ảnh hưởng của một số ion lạ đến khả năng hấp phụ Mn(II) và Ni(II) của vật liệu. Kết quả nghiên cứu được trình bày trong các hình dưới đây.



Hình 6. Ảnh hưởng của các ion Ca^{2+} , Zn^{2+} và Al^{3+} đến khả năng hấp phụ Mn(II) của vật liệu



Hình 7. Ảnh hưởng của các ion Ca^{2+} , Zn^{2+} và Al^{3+} đến khả năng hấp phụ Mn(II) , Ni(II) của vật liệu



Hình 8. Ảnh hưởng của hỗn hợp các ion Ca^{2+} , Zn^{2+} và Al^{3+} đến khả năng hấp phụ Mn(II), Ni(II) của vật liệu

Các kết quả thực nghiệm cho thấy, trong vùng nồng độ khảo sát, các ion Ca^{2+} , Al^{3+} , Zn^{2+} có ảnh hưởng tới khả năng hấp phụ Mn(II), Ni(II) của vật liệu hấp phụ. Khi nồng độ các ion Ca^{2+} , Al^{3+} , Zn^{2+} tăng thì dung lượng hấp phụ Mn(II), Ni(II) của VLHP giảm. Nguyên nhân là do sự có mặt của các ion Ca^{2+} , Al^{3+} và Zn^{2+} đã gây ra sự hấp phụ cạnh tranh giữa các ion, do đó các ion kim loại này bị hấp phụ một phần, đồng thời ngăn cản sự hấp phụ Mn(II), Ni(II) của vật liệu dẫn đến dung lượng và hiệu suất hấp phụ các ion này của vật liệu giảm. Mặt khác kết quả nghiên cứu cũng chỉ ra rằng, ion Al^{3+} có ảnh hưởng lớn nhất đến khả năng hấp phụ Mn(II), Ni(II) của vật liệu. Sự ảnh hưởng của ion Zn^{2+} và Ca^{2+} đến khả năng hấp phụ Mn(II), Ni(II) của vật liệu gần như tương đương nhau. Điều này được giải thích như sau: thông thường, khi hấp phụ các ion kim loại trên các vật liệu thì ion nào có điện tích càng lớn sẽ bị hấp phụ càng mạnh. Trong trường hợp các ion có cùng điện tích thì ion nào có bán kính ion hydrat hoá nhỏ hơn sẽ bị hấp phụ mạnh hơn [1]. Trong ba ion nghiên cứu, ion Al^{3+} có

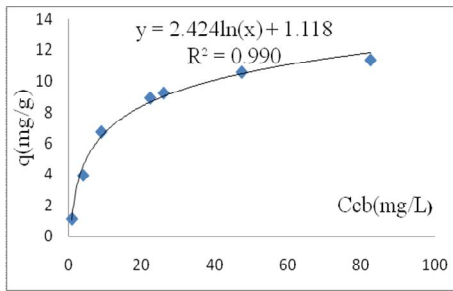
điện tích lớn nhất nên bị hấp phụ mạnh nhất. Do ion Zn^{2+} và Ca^{2+} có bán kính ion hydrat hoá tương tự nhau (0,6nm) nên sự ảnh hưởng của chúng đến khả năng hấp phụ Mn(II), Ni(II) của vật liệu là tương đương nhau [10].

3.3.5. Nghiên cứu ảnh hưởng của nồng độ đầu của dung dịch nghiên cứu

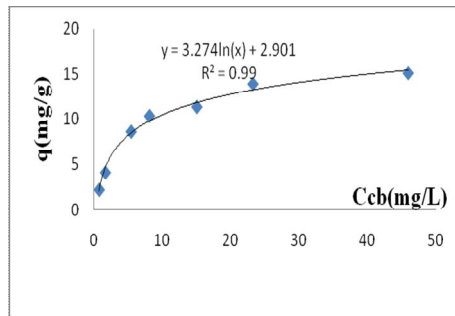
Quá trình nghiên cứu sự ảnh hưởng của nồng độ đầu của dung dịch Mn(II) và Ni(II) của vật liệu, chúng tôi thu được các kết quả trong các bảng và hình sau.

Bảng 4. Ảnh hưởng của nồng độ đến khả năng hấp phụ Mn(II) và Ni(II) của vật liệu

Ion kim loại	Nồng độ đầu C_0 (mg/L)	Các thông số hấp phụ			
		C_{cb} (mg/L)	q (mg/g)	C_{cb}/q (g/L)	H (%)
Mn(II)	5,46	0,97	1,12	0,86	82,23
	19,71	4,03	3,92	1,03	79,58
	22,19	7,73	7,23	1,06	65,16
	31,58	13,72	8,93	1,54	56,55
	37,47	18,97	9,25	2,05	49,37
	68,51	47,34	10,59	4,47	48,72
	111,25	88,51	11,37	7,78	20,44
Ni(II)	9,57	0,77	2,20	0,35	91,95
	18,03	1,67	4,09	0,41	90,73
	39,67	5,45	8,56	0,64	86,26
	49,29	8,13	10,29	0,79	83,51
	60,19	15,07	11,28	1,34	74,96
	78,59	23,29	13,83	1,68	70,37
	106,13	46,03	15,03	3,06	56,63



Hình 9a. Đường đẳng nhiệt hấp phụ Langmuir đối với Mn(II)



Hình 9b. Đường đẳng nhiệt hấp phụ Langmuir đối với Ni(II)

Bảng 5. Các thông số hấp phụ theo mô hình Langmuir của vật liệu hấp phụ

Ion kim loại	q_{\max} (mg/g)	b (L/g)	R^2
Mn(II)	17,56	0,066	0,99
Ni(II)	18,48	0,1550	0,99

Các kết quả nghiên cứu cho thấy, sự hấp phụ Mn(II), Ni(II) trên vật liệu tuân theo mô hình đẳng nhiệt Langmuir (hệ số tương quan R^2 trong các phương trình đều lớn hơn 0,99); dung lượng hấp phụ Mn(II) và Ni(II) cực đại có giá trị gần như nhau. Điều này có thể được giải thích là do bán kính ion hidrat hoá của hai ion bằng nhau (0,6nm) [10].

4. KẾT LUẬN

1. Đã chế tạo được vật liệu từ sắt (III) nitrat, silicat và photphat.

2. Đã nghiên cứu một số đặc trưng hoá lí của vật liệu bằng các phương pháp BET, SEM, XRD và IR. Kết quả cho thấy vật liệu chế tạo được tương đối xốp với diện tích bề mặt riêng khá lớn.

3. Đã xác định được các thông số tối ưu cho quá trình hấp phụ Mn(II), Ni(II) của vật liệu. Đó là: thời gian đạt cân bằng hấp phụ (180 phút đối với Mn(II); 210 phút đối với Ni(II); khối lượng vật liệu là 0,1g; pH là 3,5 – 5,0 (đối với Mn(II)), là 5,0 (đối với Ni(II)).

4. Các ion Ca^{2+} , Zn^{2+} và Al^{3+} đều làm giảm khả năng hấp phụ Mn(II), Ni(II) của vật liệu.

5. Sự hấp phụ Mn(II), Ni(II) trên bề mặt vật liệu tuân theo mô hình đẳng nhiệt Langmuir. Dung lượng hấp phụ Mn(II), Ni(II) cực đại của các vật liệu lần lượt là: 17,56mg/g và 18,48mg/g.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Lê Văn Cát (2002), *Hấp phụ và trao đổi ion trong kỹ thuật xử lí nước và nước thải*, Nhà Xuất bản Thống Kê.
- [2]. Lưu Minh Đại, Nguyễn Thị Tố Loan (2010), *Nghiên cứu chế tạo vật liệu nano $\gamma - Fe_2O_3$ hấp phụ asen, sắt, mangan*, Tạp chí hóa học, Tập 48, tr. 447 – 451.
- [3]. Đỗ Trà Hương, Nguyễn Thị Thúy Nga (2011), *Chế tạo và nghiên cứu khả năng hấp phụ Cu^{2+} của vật liệu oxit nano $\beta - MnO_2$* , Tạp chí Hóa học. Tập 49, số 3A, tr. 1 – 5.
- [4]. Ngô Thị Mai Việt (2010), *Nghiên cứu tính chất hấp thu của đá ong và khả năng ứng dụng trong phân tích xác định các kim*

loại nặng, Luận án Tiến sĩ Hoá học, Trường ĐH KHTN - ĐHQG Hà Nội.

[5]. A. Akilil, M. Mouflih, S. Sebti (2004), *Removal of heavy metal ions from water by using calcined phosphate as a new adsorbent*, Journal of Hazardous Materials A 112 (2004), pp. 183 – 190.

[6]. Abdusalam Uheida, German Salazar-Alvarez, Eva Bjorkman, Zhang Yu, Mamoun Muhammed (2006), *Fe₃O₄ and γ -Fe₂O₃ nanoparticles for the adsorption of Co²⁺ from aqueous solution*, Journal of Colloid and Interface Science, 298, pp. 501 – 507.

[7]. Atul Kumar Kushwaha, Neha Gupta, M.C. Chattopadhyaya (2013), *Dynamics of adsorption of Ni(II), Co(II), Cu(II) from aqueous solution onto newly synthesized poly(N-(4-(4-(aminophenyl)*

methylphenylmethacrylamide), Arabian Journal of Chemistry, pp.1-9.

[8]. Carol A. Martinson, K. J. Reddy (2009), *Adsorption of arsenic (III) and arsenic (V) by cupric oxide nanoparticles*, Journal of Colloid and Interface Science, 336, pp. 406 – 411.

[9]. Gao-Sheng Zhang, Jiu Hui Qu, Hui Juan Liu, Rui Ping Liu and Guo Ting Li (2007), *Removal mechanism of As(III) by a novel Fe-Mn binary oxide adsorbent: Oxidation and Sorption*, Environmental Science Technology, 41, pp. 4613 – 4619.

[10]. Kielland (1937), *Individual activity coefficients of ions in aqueous solutions*, J. Am. Chem. Soc. 59: 1675 – 1678.

SỬ DỤNG VỎ TRÁU BIẾN TÍNH LÀM GIÀU.....(tiếp theo tr. 268)

4. Hassanss, EL-Shahawi MS, Oth man AM, Mossad MA, A- (2005) *potentiometric rhodamine-B based membrane sensor for the selective determination of chromium ions in wastewater*, Anal.Sci, 21(6) 673-678.

5. Manjeet Bansal, Umesh Garg, Diwan Siggh, V.K.Garg, (2009) *Removal of Cr(VI) from aqueous solution using Preconsumer processing agricultural Waste: A Case study of rice husk*, Journal of Hazardous Materials 162, 312 - 320.

6. M. Patel, A. Kasera, (1987) *Effect of thermal and chemical treatment on carbon and silica contents in rice husk*, J. Mater. Sci. 22, 2257 - 2464.

7. Osvaldo Karnitz Jr.,Leancho Vinicius Alves Gurgel..., (2007) *Adsorption of heavy metal ion from aqueous single metal solution by chemically modified sugarcane bagasse*, Bioresource Technology 99, 1291 - 1297.