

NGHIÊN CỨU TỔNG HỢP VẬT LIỆU POLYME-BENTONITE COMPOSITE BẰNG KỸ THUẬT COPOLYME HÓA BỨC XẠ ĐỊNH HƯỚNG VÀ ỨNG DỤNG HẤP PHỤ KIM LOẠI NẶNG

HỒ VĨNH ĐỨC, TRANG THẾ ĐẠT

*Viện Nghiên cứu hạt nhân, số 01 Nguyễn Tử Lực, phường 8, Tp Đà Lạt, Lâm Đồng.
vinhducdu@gmail.com*

STUDY ON SYNTHESIS OF POLYMER-BENTONITE COMPOSITE BY RADIATION COPOLYMERIZATION TECHNIQUE FOR APPLICATION OF HEAVY METALS ADSORPTION

Tóm tắt: Ngày nay, việc áp dụng công nghệ bức xạ để tổng hợp vật liệu có khả năng hấp phụ tốt các kim loại nặng ngày càng được áp dụng rộng rãi. Bằng kỹ thuật copolymer hóa bức xạ với liều xạ 15kGy và tỉ lệ các hợp phần (%) của GMA : MMA : acetone : bentonite tương ứng là 22,22 : 11,11 : 33,33 : 33,34, vật liệu polyme-bentonite composite đã được chế tạo với hiệu suất đạt $86,53 \pm 0,36$ (%). Độ trương nước của vật liệu trước và sau khi chuyển hóa nhóm chức bằng dung dịch Na_2SO_3 20% và dung dịch HCl 1M cũng được khảo sát với kết quả tương ứng lần lượt là $5,53 \pm 0,21$ (%) và $185 \pm 4,88$ (%). Nghiên cứu khả năng hấp phụ Cr^{6+} trong nước của vật liệu cho thấy ở trạng thái động đạt 1,80 mg/g và trạng thái tĩnh đạt 1,16 mg/g. Vật liệu polyme-bentonite composite được chế tạo bằng kỹ thuật copolymer hóa bức xạ có những tính năng vượt trội hơn so với nhựa thương mại (Lewatit MonoPlus S108 và Lewatit MonoPlus M500) đang sử dụng tại Viện Nghiên cứu hạt nhân Đà Lạt.

Từ khóa: *bức xạ, copolymer hóa, bentonite, composite, hấp phụ.*

Abstract: Today, the application of radiation technology to synthesize materials with good adsorption capacity of heavy metals is increasingly applied. Bentonite composite polymer material with the conversion yield of 86.53 ± 0.36 (%) was synthesized by using radiation copolymerization technique at dose of 15 kGy of the mixture GMA: MMA: acetone: bentonite with the corresponding weight ratio (%) of 22.22: 11.11: 33.33: 33.34. The water swelling capacities of the synthesized composite materials were of 5.53 ± 0.21 and 185 ± 4.88 (%) corresponding to the samples before and after transforming ion-exchange groups by 20% Na_2SO_3 solution and 1M HCl solution. The results of the investigation of the adsorption of Cr^{6+} in water by using this bentonite composite polymer material showed that it was of 1.80 mg/g in dynamic condition and 1.16 mg/g in static condition. The synthesized bentonite composite polymer material in this research is more superior features in comparison with the used commercial resin (Lewatit MonoPlus S108 and Lewatit MonoPlus M500) at Nuclear Research Institute.

Keywords: *radiation, copolymerization, bentonite, composite, adsorption.*

1. MỞ ĐẦU

Nghiên cứu giải pháp xử lý thu gom các chất thải phóng xạ đang là nhu cầu hết sức cần thiết, khi mà các cơ sở bức xạ nghiên cứu và sử dụng năng lượng hạt nhân ngày càng phát triển. Polyme-bentonite composite là loại vật liệu hỗn hợp cao phân tử chứa hợp phần vô cơ được tổng hợp bằng phương pháp copolymer hóa bức xạ. Sản phẩm có tính bền nhiệt, bền bức xạ cao, khả năng hấp thu tốt các nguyên tố bền và đặc biệt là các đồng vị phóng xạ trong môi trường nước. Đối với các loại nhựa trao đổi ion hiện đang sử dụng có một số hạn chế là kém bền nhiệt và bức xạ, nhanh lão hóa, nhanh suy giảm dung lượng hấp thu.

Ở Việt Nam, đã có một số tác giả nghiên cứu về khả năng ứng dụng của bentonite và diatomite để xử lý chất thải phóng xạ lỏng và rác thải sinh hoạt và chăn nuôi [1,2]. Trần Thị

Thu Phương và cộng sự đã nghiên cứu khả năng ứng dụng các khoáng sét của tỉnh Lâm Đồng (diatomite và bentonite) để định hướng sử dụng cho xử lý thải phóng xạ và cung cấp cơ sở khoa học kỹ thuật cho việc lựa chọn vị trí chôn thải phóng xạ [1]. Kiều Quý Nam và cộng sự đã nghiên cứu, sử dụng bentonite và diatomite trong xử lý rác thải sinh hoạt và chăn nuôi [2].

Trong báo cáo này chúng tôi công bố một số kết quả khảo sát các điều kiện tối ưu để tổng hợp vật liệu polymer-bentonite composite bằng kỹ thuật copolyme hóa bức xạ và ứng dụng hấp phụ thử nghiệm Cr^{6+} trong dung dịch.

2. THỰC NGHIỆM

2.1. Xây dựng đường chuẩn Cr^{6+}

Pha dung dịch chuẩn gốc Cr^{6+} 1mg/mL: cân chính xác 0,3735g K_2CrO_4 (P.A) cho vào cốc thủy tinh có dung tích 50mL, hòa tan bằng nước cất cho đến khi tan hết. Chuyển toàn bộ dung dịch vào bình định mức 100mL và dùng nước cất tráng cốc 3 lần, chuyển nước tráng cốc vào bình định mức. Sau đó, định mức bằng nước cất đến vạch, lắc đều.

Từ dung dịch chuẩn gốc, tiến hành pha dãy dung dịch Cr^{6+} có nồng độ: 5; 10; 15; 20; 25; 30 mg/L. Lấy bình có nồng độ Cr^{6+} lớn nhất có trong dãy để xác định bước sóng hấp thụ cực đại. Đo mật độ quang của dãy dung dịch Cr^{6+} theo nồng độ tại bước sóng hấp thụ cực đại. Xây dựng đường chuẩn biểu diễn sự phụ thuộc tuyến tính giữa nồng độ ion Cr^{6+} vào mật độ quang (Abs).

2.2. Tổng hợp vật liệu và khảo sát các đặc trưng của vật liệu composite

2.2.1. Khảo sát ảnh hưởng của liều xạ

Bước 1: Lấy 8mL MMA (Methyl methacrylate) 99% và 8mL GMA (Glycidyl methacrylate) 97% cho vào cốc thủy tinh loại 250mL, khuấy 15 phút bằng máy khuấy cơ KIKA, tốc độ khuấy 80 vòng/phút; sau đó thêm vào cốc 17mL acetone 99,7%, khuấy thêm 15 phút; cho từ từ 15 gam bentonite vào cốc, vừa cho vừa khuấy thêm khoảng 30 phút nữa. Sau đó, cho mẫu vào 5 ống nghiệm có đánh số tự tự từ 1 đến 5. Chiếu xạ được thực hiện trên nguồn Co-60, với các liều xạ: 5, 10, 15, 20 và 25 kGy; suất liều 2,5 kGy/h.

Bước 2: Sau khi chiếu xạ, cắt nhỏ sản phẩm tạo thành cỡ 1-2mm, ngâm trong ethanol 70% khoảng 12 tiếng. Sau đó, lấy mẫu ra, rửa mẫu vài lần bằng nước cất.

Bước 3: Pha dung dịch Na_2SO_3 20% ($\approx 1.5\text{M}$), cho vào 5 ống thủy tinh chịu nhiệt chứa 5 mẫu tương ứng với 5 liều xạ khác nhau ở trên, đun trên máy điều nhiệt ở 80°C , trong 8 giờ. Sau đó, gạn bỏ dung dịch trong ống nghiệm, rửa mẫu bằng nước cất vài lần.

Bước 4: Pha dung dịch HCl 1M, cho vào 5 ống nghiệm trên với thể tích gấp đôi thể tích mẫu. Đun trên máy điều nhiệt ở 60°C trong 6-8 giờ. Sau đó, lấy mẫu trong ống nghiệm ra rửa bằng nước cất, sấy khô ở 80°C đến khối lượng không đổi. Cân khối lượng composite khô và bảo quản trong bình hút ẩm, dùng để thực hiện các thí nghiệm tiếp theo.

Bước 5: Cân 5 mẫu đã sấy khô ở trên, mỗi mẫu khoảng 1 gam, cho vào 5 bình tam giác loại 250mL, sạch, khô, có đánh số thứ tự. Sau đó, cho vào mỗi bình 100mL dung dịch Cr^{6+} 15 mg/L, bịt kín miệng bình, lắc đều trong thời gian một phút; để yên 24 giờ. Sau đó lọc bỏ chất rắn, thu lấy dung dịch, xác định nồng độ còn lại của Cr^{6+} .

2.2.2. Khảo sát ảnh hưởng của tỷ lệ bentonite

Bước 1: Cho vào 5 cốc thủy tinh loại 250mL đánh số thứ tự từ 1 đến 5: 8mL MMA 99%, 8mL GMA 97%, khuấy đều khoảng 15 phút trên máy khuấy cơ KIKA của Nhật với tốc độ 80 vòng/phút. Sau đó cho 17mL acetone 99,7% vào 5 cốc trên, tiếp tục khuấy thêm 15 phút.

Bước 2: Cho vào cốc theo thứ tự từ 1 đến 5 các khối lượng bentonite Di Linh–Lâm Đồng đã tinh chế: 5; 10; 15; 20; 25 gam với tỷ lệ % tính theo trọng lượng (thay đổi từ 14,29% đến 45,45%), tiếp tục khuấy khoảng 30 phút để được dung dịch đồng nhất.

Bước 3: Cho hỗn hợp trên vào 5 ống thủy tinh sạch, khô có đánh số thứ tự, đem chiếu xạ trên nguồn gamma Co-60 ở liều xạ tối ưu khảo sát ở mục 2.2.1. Sau khi chiếu xạ, các mẫu composite được cắt thành những miếng nhỏ cỡ 1-2mm, ngâm trong dung dịch ethanol 70% trong 12 giờ.

Bước 4: Tiến hành sunfonic hóa tương tự như bước 3, bước 4 ở mục 2.2.1

Bước 5: Cân 5 mẫu, mỗi mẫu khoảng 1 gam, cho vào 5 bình tam giác loại 250mL, sạch, khô, có đánh số thứ tự. Sau đó, cho vào mỗi bình 100mL dung dịch Cr^{6+} 15 mg/L, bịt kín miệng bình, lắc đều trong thời gian một phút; để yên 24 giờ. Sau đó lọc bỏ chất rắn, thu lấy dung dịch, xác định nồng độ còn lại của Cr^{6+} .

2.2.3. Khảo sát ảnh hưởng của tỷ lệ GMA

Tiến hành tương tự như mục 2.2.2, cố định khối lượng bentonite, liều xạ đã được khảo sát ở trên. Cho thể tích GMA 97% thay đổi lần lượt: 5; 8; 10; 12; 15mL. Thay đổi lượng acetone 99,7% sao cho tổng thể tích của GMA và acetone là 25mL.

2.2.4. Khảo sát ảnh hưởng của tỷ lệ MMA

Tiến hành tương tự như mục 2.2.2, cố định các thông số tối ưu như: liều xạ, khối lượng bentonite, thể tích GMA và thể tích acetone đã được khảo sát ở trên. Cho thể tích MMA 99,7% thay đổi lần lượt: 2; 5; 8; 10; 12mL.

2.2.5. Khảo sát hiệu suất chuyển hóa tạo thành vật liệu composite

Sau khi khảo sát và chọn ra được các tỉ lệ phối trộn và các điều kiện để tạo vật liệu có dung lượng hấp phụ tối ưu, chúng tôi khảo sát hiệu suất chuyển hóa của vật liệu tạo thành như sau: Cho vào cốc thủy tinh có dung tích 250mL với các tỉ lệ MMA; GMA; acetone; bentonite được khảo sát ở các mục trên. Sau đó, cho hỗn hợp trong cốc vào ống nghiệm sạch, khô, chiếu trên nguồn Co-60 với liều xạ tối ưu được khảo sát ở mục 2.2.1. Sau khi chiếu xạ, lấy mẫu ra khỏi ống nghiệm, tiến hành cắt nhỏ mẫu cỡ 1-2mm và sấy khô.

Cân 3 mẫu, mỗi mẫu khoảng 1g cho vào 3 bình tam giác 250mL sạch, khô. Các mẫu composite khô được ngâm trong ethanol trong 48 giờ ở nhiệt độ phòng để loại bỏ các phần hòa tan, chất khơi mào phản ứng, các monome không phản ứng và phần tan [3]. Sau đó, các mẫu composite được lấy ra và sấy khô đến khối lượng không đổi để xác định hàm lượng không hòa tan [4].

Hàm lượng composite được xác định theo công thức sau [5, 6]:

$$W_g \% = \frac{m_t}{m_0} \times 100 \quad (2-1)$$

Trong đó: m_t là khối lượng của composite khô sau khi ngâm trong ethanol.

m_0 là khối lượng của composite khô ban đầu tương ứng.

2.2.6. Khảo sát độ trương nước của vật liệu composite

a). Độ trương của vật liệu composite trước khi gắn nhóm chức

Sau khi sấy khô, cân 3 mẫu, mỗi mẫu khoảng 1g cho vào 3 bình tam giác 250mL sạch, khô, có đánh số thứ tự. Ngâm trong nước cất 48 giờ (lượng nước cho vào 100mL) ở nhiệt độ phòng cho đến khi đạt độ trương nước tối đa. Sau đó, loại bỏ nước dư thừa và thấm nước trên bề mặt của các mẫu composite bằng giấy lọc, cân lượng composite đã hấp thụ nước; tính kết quả độ trương nước của vật liệu theo công thức (2-2).

b). Độ trương của vật liệu composite sau khi gắn nhóm chức

Mẫu sau khi chiếu xạ, tiến hành chuyển hóa nhóm chức như các bước 3; 4 ở mục 2.2.1. Sau đó cân 3 mẫu, mỗi mẫu khoảng 1 gam cho vào 3 bình tam giác loại 250mL, sạch, khô, có đánh số thứ tự, ngâm trong 100mL nước cất 48 giờ ở nhiệt độ phòng cho đến khi đạt độ trương nước tối đa. Sau đó, loại bỏ nước dư thừa và thấm nước trên bề mặt của các mẫu composite bằng giấy lọc, cân lượng composite đã hấp thụ nước, tính kết quả độ trương nước của vật liệu theo công thức (2-2).

Tỷ lệ trương nước của vật liệu composite được xác định bằng phương pháp khối lượng. Các mẫu composite khô được ngâm trong nước cất tinh khiết ($\chi \approx 0,1 \mu\text{S/cm}$) ở nhiệt độ phòng cho đến khi đạt độ trương tối đa (thời gian 48h). Sau khi loại bỏ nước dư thừa trên bề mặt của các mẫu composite bằng giấy lọc, tỷ lệ trương nở được tính bởi công thức sau [4]:

$$q_w = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \quad (2-2)$$

Trong đó: W_1 là khối lượng của composite khô ban đầu.

W_2 là khối lượng của composite sau khi trương nước

2.2.7. Khảo sát độ hấp dung của vật liệu composite theo thời gian

Lấy mẫu sau khi gắn nhóm chức (tỷ lệ các hợp phần đã được khảo sát được các điều kiện tối ưu). Sau đó, cân khoảng 1g mẫu khô cho vào bình tam giác 250mL, sạch, khô; cho tiếp vào bình 100mL dung dịch Cr^{6+} có nồng độ 30 mg/L, bịt kín miệng bình, lắc đều trên máy lắc SK-300, tốc độ lắc 100 vòng/phút. Sau 2 giờ tiến hành lọc gạn để thu lấy dung dịch; đo mật độ quang của dung dịch theo thời gian ở bước sóng hấp thụ cực đại, tương tự đối với 4, 6, 8 và 10 giờ. Lượng Cr^{6+} bị hấp thụ trong vật liệu composite được tính dựa theo phương trình đường chuẩn (3-1) và công thức (2-3).

Nồng độ Cr^{6+} được xác định bằng phương pháp trắc quang so màu trên máy UV Mini-1240 của hãng Shimadzu, Nhật Bản ở bước sóng hấp thụ cực đại, cuvet 1cm.

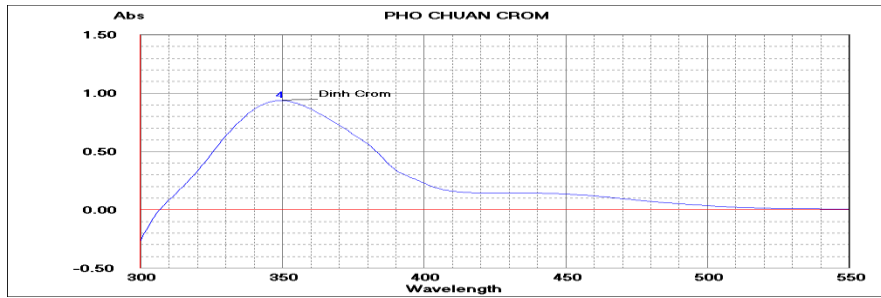
Độ hấp dung của vật liệu được tính theo công thức: $q = (C_0 - C_t) \cdot V/m$ (2-3)

Trong đó: q là độ hấp dung của vật liệu tại thời điểm t (mg/g); C_0 là nồng độ Cr^{6+} ban đầu trong dung dịch (mg/L); C_t là nồng độ Cr^{6+} ở thời điểm khảo sát (mg/L); V là thể tích dung dịch Cr^{6+} được sử dụng trong quá trình hấp thụ (lít); m là khối lượng vật liệu composite được sử dụng để khảo sát (g).

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả xây dựng đường chuẩn

3.1.1 Khảo sát bước sóng hấp thụ cực đại



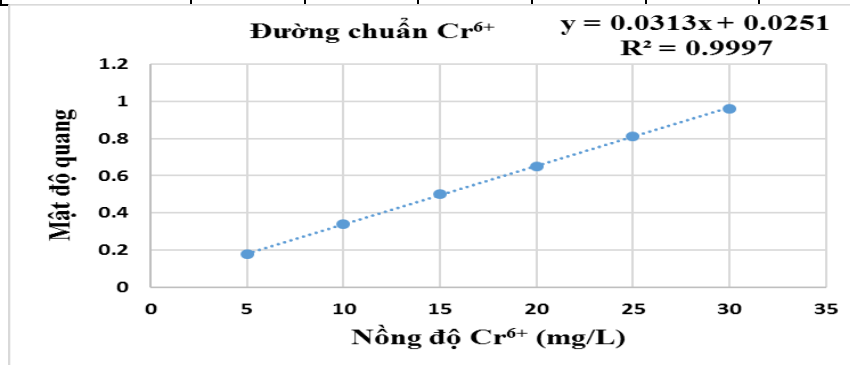
Hình 3.1: Kết quả khảo sát bước sóng hấp thụ cực đại λ_{\max} của Cr^{6+}

Kết quả nhận được ở Hình 3.1 cho thấy bước sóng hấp thụ cực đại (λ_{\max}) của Cr^{6+} ở 350nm.

3.1.2. Xây dựng đường chuẩn dung dịch Cr^{6+}

Bảng 3.1: Kết quả đo mật độ quang của dung dịch Cr^{6+}

$\text{C}_{\text{Cr}^{6+}}$ (mg/L)	5	10	15	20	25	30
Abs.	0,177	0,338	0,503	0,652	0,812	0,960



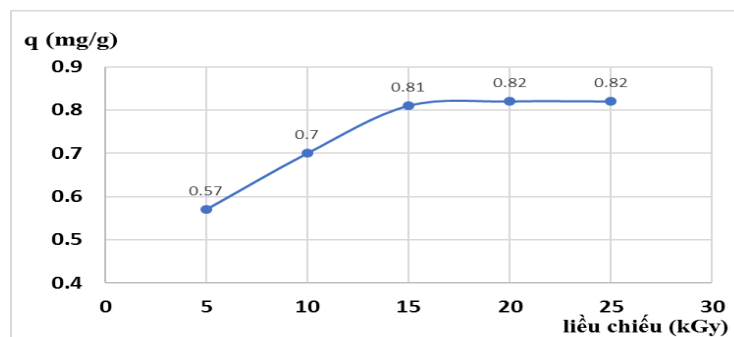
Hình 3.2: Đường chuẩn Cr^{6+}

Phương trình đường chuẩn Cr^{6+} : $A = 0.0313 \cdot C + 0.0251$; C (mg/L) (3-1)

3.2. Kết quả khảo sát vật liệu

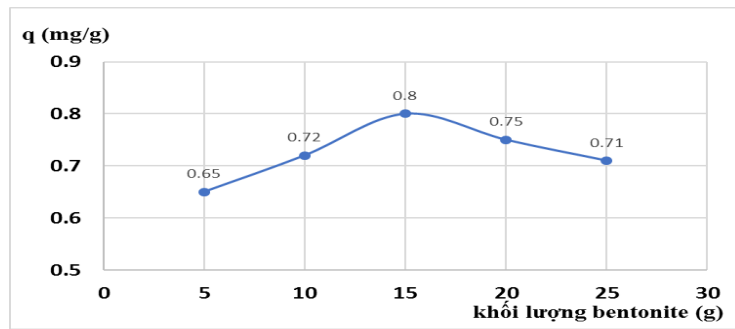
3.2.1. Khảo sát liều ảnh hưởng của liều xạ

Khảo sát ảnh hưởng của liều xạ lên dung lượng hấp phụ Cr^{6+} được thể hiện trong Hình 3.3. Kết quả cho thấy liều xạ tối ưu để chế tạo vật liệu polyme-bentonite composite là 15kGy.



Hình 3.3: Khảo sát hấp dung Cr^{6+} của vật liệu theo liều xạ

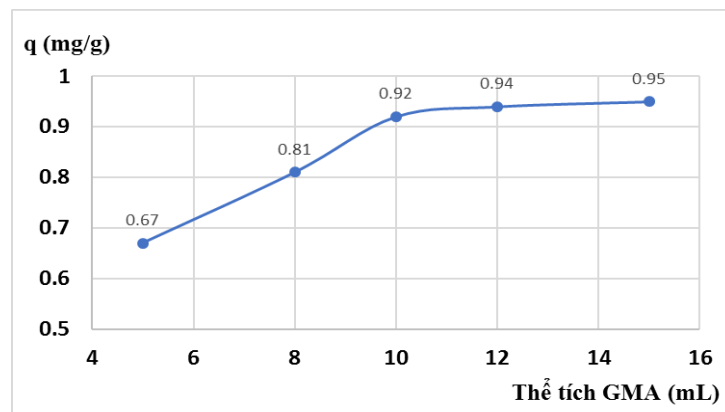
3.2.2. Khảo sát tỷ lệ bentonite



Hình 3.4: Tương quan giữa dung lượng hấp phụ Cr^{6+} và tỉ lệ phối trộn bentonite

Từ đồ thị ở Hình 3.4 cho thấy, khối lượng bentonite đưa vào để tạo vật liệu khoảng 15g cho kết quả hấp thu tốt nhất.

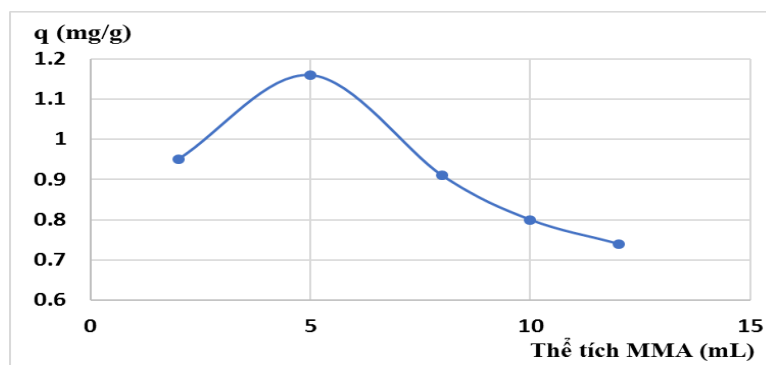
3.2.3. Khảo sát tỷ lệ GMA



Hình 3.5: Tương quan giữa dung lượng hấp phụ Cr^{6+} và tỉ lệ phối trộn GMA

Kết quả ở Hình 3.5 đã chỉ ra rằng dung lượng hấp phụ tăng nhanh khi thể tích GMA cho vào từ 5mL đến 10mL, trên 10mL thì dung lượng hấp thu tăng rất chậm và tương đối ổn định. Chính vì vậy, chúng tôi chọn thể tích GMA cho vào để tạo vật liệu là 10mL và thể tích acetone cho vào để tạo vật liệu là 15mL.

3.2.4. Khảo sát tỷ lệ MMA



Hình 3.6: Tương quan giữa dung lượng hấp phụ Cr^{6+} và tỉ lệ phối trộn MMA

Dung lượng hấp phụ Cr^{6+} tăng nhanh khi thể tích MMA cho vào từ 2mL đến 5mL, trên 5mL dung lượng hấp phụ Cr^{6+} giảm dần theo chiều tăng thể tích MMA. Điều này nói lên rằng thể tích MMA cho vào để tạo sản phẩm càng lớn làm cho độ trương nước của sản phẩm càng giảm, dẫn đến dung lượng hấp phụ giảm dần. Do đó, chúng tôi chọn thể tích MMA cho vào để tạo vật liệu là 5mL.

Như vậy, để tạo vật liệu polyme-bentonite composite, bentonite Di Linh có khả năng hấp phụ tốt nhất ion Cr^{6+} trong nước, tỷ lệ phối trộn và liều xạ được lựa chọn như sau: (Bảng 3.2)

Bảng 3.2: Tỷ lệ các hợp phần tạo thành vật liệu composite

Thành phần	Thể tích/Khối lượng	Tỷ lệ % trong vật liệu composite	Tổng cộng
GMA 97%	10 mL	~22,22	~ 45 gam
MMA 99%	5 mL	~11,11	
ACETONE 99,7%	15 mL	~33,33	
BENTONITE	15 gam	~33,34	
LIỀU XẠ	15 kGy		
NGÂM TRONG HCl 1M	Đun nóng ở nhiệt độ 60 ⁰ C		

3.2.5. Khảo sát hiệu suất chuyển hóa của vật liệu tạo thành

Hiệu suất tổng hợp vật liệu polyme-bentonite composite được trình bày trong Bảng 3.3.

Bảng 3.3: Hiệu suất tổng hợp vật liệu composite

Bình	Khối lượng trước khi ngâm côn (g)	Khối lượng sau khi ngâm côn (g)	Hiệu suất tạo composite (%)
1	1,0022	0,8688	86,69
2	1,0102	0,8699	86,11
3	1,0112	0,8775	86,78
Giá trị trung bình			86,53 ± 0,36

3.2.6. Khảo sát độ trương của vật liệu composite trước và sau khi gắn nhóm chức

Bảng 3.4: Độ trương nước trước khi gắn nhóm chức

Bình	Khối lượng trước khi ngâm (g)	Khối lượng sau khi ngâm (g)	Độ Trương (%)
1	1,0122	1,0662	5,3
2	1,0012	1,0568	5,6
3	1,0103	1,0682	5,7
Giá trị trung bình			5,5 ± 0,2

Bảng 3.5: Độ trương nước sau khi gắn nhóm chức

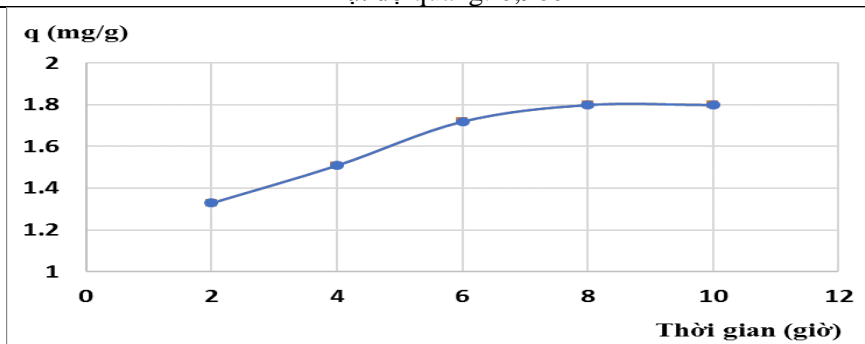
Bình	Khối lượng trước khi ngâm (g)	Khối lượng sau khi ngâm (g)	Độ trương (%)
1	1,0201	2,8512	179,5
2	1,0124	2,9251	188,9
3	1,0131	2,9024	186,5
Giá trị trung bình			185,00 ± 4,88

Kết quả khảo sát nhận được ở Bảng 3.4 và 3.5 cho thấy độ trương nước của vật liệu composite trước và sau khi gắn nhóm chức có sự chênh lệch đáng kể, điều đó nói lên rằng, vật liệu sau khi gắn nhóm chức có tính ưa nước hơn vật liệu chưa gắn nhóm chức. Trên cơ sở kết quả nhận được có thể khẳng định rằng nhóm $-SO_3H$ đã được gắn vào vật liệu composite.

3.2.7. Khảo sát độ hấp dung của vật liệu composite

Bảng 3.6: Kết quả khảo sát độ hấp dung của vật liệu composite

Khối lượng mẫu khô (g)	1,0203				
Mật độ quang	Sau 2h	Sau 4h	Sau 6h	Sau 8h	Sau 10h
	0,538	0,482	0,415	0,389	0,389
Nồng độ Cr ⁶⁺ còn lại trong dung dịch (mg/L)	16,4	14,6	12,5	11,6	11,6
Lượng Cr ⁶⁺ bị hấp thu (mg/g)	1,33	1,51	1,72	1,80	1,80
Nồng độ Cr ⁶⁺ ban đầu trong dung dịch: 30 mg/L Mật độ quang: 0,960					



Hình 3.7: Hấp dung của vật liệu composite

Số liệu nhận được ở Bảng 3.6 và Hình 3.7 cho thấy, dung lượng hấp phụ Cr⁶⁺ của vật liệu composite tăng nhanh từ lúc bắt đầu đến 6 giờ, từ 6 giờ trở đi dung lượng hấp phụ tăng chậm và tương đối ổn định.

KẾT LUẬN

+ Đã xác định được tỉ lệ (%) của GMA: MMA: acetone: bentonite để tổng hợp vật liệu polyme-bentonite composite là: 22,22 : 11,11 : 33,33 : 33,34 (%) và liều hấp thụ tối ưu là 15kGy. Hiệu suất chuyển hóa thành vật liệu composite đạt 86,53±0,36 %.

+ Độ trương nước (q_w) của vật liệu trước khi chuyển hóa nhóm chức đạt 5,50±0,20 % và sau khi chuyển hóa nhóm chức đạt 185,00±4,88 %.

+ Dung lượng hấp phụ Cr⁶⁺ của vật liệu composite đạt 1,80 mg/g, cao hơn so với nhựa trao đổi ion hiện đang sử dụng (1,20 mg/g).

Cần tiếp tục nghiên cứu ứng dụng vật liệu polyme-bentonite composite sử dụng bentonite Di Linh để xử lý thải phóng xạ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Trần Thị Thu Phương và cộng sự (2005), “Nghiên cứu khả năng ứng dụng các khoáng sét của tỉnh Lâm Đồng (diatomite và bentonite) để định hướng sử dụng cho xử lý thải phóng xạ và cung cấp cơ sở khoa học kỹ thuật cho việc lựa chọn vị trí chôn thải phóng xạ”, báo cáo kết quả đề tài nghiên cứu khoa học cấp cơ sở, Viện Nghiên cứu Hạt nhân.

[2]. Kiều Quý Nam và Nguyễn Hữu Toàn Phan, “Sử dụng bentonite và diatomit trong xử lý rác thải sinh hoạt và chăn nuôi”, *Tạp chí Các Khoa học về trái đất*, 27 (4), 351-355, 2005.

[3]. Shaghayegh J. and Modarres H., “A Study on Swelling and Complex Formation of Acrylic Acid and Methacrylic Acid Hydrogels with Polyethylene glycol”, *Iranian Polymer Journal*, 14 (10), 863-873, 2005.

- [4]. N. C. Dafader, M. N. Adnan, M. E. Haque, D. Huq and F. Akhtar, “Study on the properties of copolymer hydrogel obtained from acrylamide/2-hydroxyethyl methacrylate by the application of gamma radiation”, *International Journal of Pharmaceutical & Biological Archives*, 2 (6), 1588-1597, 2011.
- [5]. J. W. Lim (2006), *Development of Layered Silicates Montmorillonite Filled Rubber-toughened Polypropylene Nanocomposites (RTPPNC)*, Universiti Teknologi Malaysia, Malaysia.
- [6]. M. K. Gueddouda, Md. Lamara, Nabil Aboubaker, Said Taibi, *Hydraulic Conductivity and Shear Strength of Dune Sand–Bentonite Mixtures*, Vol. 13, Bund. H, 2008.