

Đánh giá khả năng xử lý ion Ni^{2+} trong nước bằng đá nhân tạo

Lê Thị Xuân Thùy^{1*}, Lê Thị Sương¹, Nguyễn Thị Sao Mai¹, Kunihiko Kato²

¹Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng

²Tổ chức Nghiên cứu nông nghiệp và thực phẩm Nhật Bản

Ngày nhận bài 16/1/2018; ngày chuyển phản biện 22/1/2018; ngày nhận phản biện 26/2/2018; ngày chấp nhận đăng 28/2/2018

Tóm tắt:

Đá nhân tạo là một sản phẩm của công nghệ tái chế các chai, lọ thủy tinh tại Nhật Bản, có đặc tính không sinh ra chất độc hại, không ăn mòn, thân thiện với môi trường và được ứng dụng nhiều trong các công trình tại Nhật như trồng cây xanh, các công trình nông nghiệp, xây dựng... Bài báo trình bày kết quả đánh giá khả năng xử lý ion Ni^{2+} trong nước bằng đá nhân tạo. Từ kết quả nghiên cứu cho thấy, đá nhân tạo có khả năng hấp phụ tốt ion Ni^{2+} trong môi trường nước. Khả năng hấp phụ tối đa của vật liệu là 5 mg/g với thời gian tiếp xúc khoảng 15 phút. Bên cạnh đó, vật liệu này còn hấp phụ ion H^+ trong dung dịch nên có khả năng đưa môi trường axit ($\text{pH} < 7$) về môi trường trung tính ($\text{pH} = 7$).

Từ khóa: Đá nhân tạo, kim loại nặng, Niken, vật liệu thân thiện với môi trường, xử lý nước.

Chỉ số phân loại: 2.7

Đặt vấn đề

Ô nhiễm môi trường nước là một thách thức lớn đối với sự tồn tại và phát triển của nhân loại. Việc khai thác tài nguyên nước hợp lý phục vụ phát triển kinh tế, cũng như cung cấp nước sạch để đáp ứng nhu cầu sinh hoạt của con người ngày càng trở nên cấp thiết. Theo Tổ chức Y tế thế giới, hơn 80% bệnh tật của con người là do nguồn nước và môi trường không đảm bảo [1, 2]. Các chất ô nhiễm chủ yếu bao gồm kim loại nặng, vi sinh vật, phân bón, và các hợp chất độc hại. Trong đó, Niken (Ni^{2+}) được xem là một trong những kim loại nguy hiểm, được đưa vào danh sách các chất gây ô nhiễm mức cao của Cơ quan Bảo vệ môi trường Hoa Kỳ (EPA) [3]. Ở nồng độ cao, Ni^{2+} gây nên ung thư phổi, mũi và xương, một số dấu hiệu về ngộ độc cấp tính do Ni^{2+} gây ra như nhức đầu, chóng mặt, buồn nôn, nôn mửa, đau ngực, ho khan, hô hấp nhanh, da tím tái và suy nhược [4, 5]. Do đó, việc giảm hàm lượng ion Ni^{2+} trong nước thải về ngưỡng cho phép trước khi xả ra môi trường tự nhiên là một trong những yêu cầu bắt buộc. Các phương pháp loại bỏ Ni^{2+} từ nước thải bao gồm kết tủa hóa học, trao đổi ion, lọc, hóa học, điện phân và hấp phụ [6]; trong đó hấp phụ là giải pháp đầy hứa hẹn để xử lý các kim loại nặng tồn tại trong môi trường nước. Đặc biệt, trong những năm gần đây, việc chế tạo và ứng dụng những loại vật liệu hấp phụ

mới để xử lý môi trường đang rất được quan tâm, cần có những nghiên cứu cụ thể, sâu rộng hơn.

Đá nhân tạo là sản phẩm được tái chế từ các chai, lọ thủy tinh đã qua sử dụng, với cấu trúc có nhiều lỗ khí nên vật liệu này có đặc tính thông khí và thoát nước tốt. Ngoài ra, đặc điểm ưu việt nhất của đá nhân tạo chính là trọng lượng siêu



Hình 1. Đá nhân tạo.

*Tác giả liên hệ: Email: letxthuy@gmail.com

Evaluating the possibility of removing Ni^{2+} ion from aqueous solution by artificial stone

Thi Xuan Thuy Le^{1*}, Thi Suong Le¹,
Thi Sao Mai Nguyen¹, Kunihiko Kato²

¹University of Science and Technology, The University of Da Nang

²NARO Tohoku Agricultural Research Center

Received 16 January 2018; accepted 28 February 2018

Abstract:

Artificial stone is the product created from the recycling technology of glass bottles and jars in Japan with its non-toxic, non-corrosive properties, so this product is considered an environmentally friendly product and used in many projects in Japan such as planting trees, agricultural projects, construction, etc. The article presents the assessment results of removing $\text{Ni}(\text{II})$ ion from aqueous solution using artificial stone. The research demonstrated that the $\text{Ni}(\text{II})$ ion adsorption capacity of artificial stone in aqueous solution was very high with 5 mg/g in 15-minute contact time condition. In addition, artificial stone was also capable of increasing pH value from the acid medium ($\text{pH} < 7$) to the neutral medium ($\text{pH} = 7$).

Keywords: Artificial stone, environmentally friendly materials, heavy metals, Nickel, water treatment.

Classification number: 2.7

nhẹ và có thể nổi trên mặt nước. Với đặc điểm này, đá nhân tạo được đánh giá cao về giá trị sử dụng khi đưa vào ứng dụng trong nhiều lĩnh vực tại Nhật Bản như các công trình xây dựng công cộng hay công trình nông nghiệp và xử lý môi trường... nhưng ở Việt Nam còn khá mới mẻ và chưa từng được nghiên cứu. Do đó, chúng tôi tiến hành nghiên cứu đánh giá khả năng xử lý ion Ni^{2+} trong nước bằng đá nhân tạo.

Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu

- Mẫu nước chứa ion Ni^{2+} .
- Đá nhân tạo (tỷ trọng khô: 0,4 ~ 0,5; hệ số thấm nước:

$3 \times 10^{-2} \sim 1 \times 10 \text{ cm/s}$).

Phương pháp nghiên cứu

Hóa chất và thuốc thử:

Đá nhân tạo sử dụng trong nghiên cứu được sản xuất bởi Công ty Trim, Nhật Bản (hình 1). Các hóa chất khác bao gồm nước cất, dung dịch NiSO_4 250 mg/l, dung dịch NaOH 1 M, dung dịch NaOH 10%, dimethyl glyoxin 1%, dung dịch I_2 0,05 M, dung dịch HCl 0,1 M được điều chế trong phòng thí nghiệm.

Chuẩn bị dung dịch Ni^{2+} 250 mg/l: Hòa tan 0,6567 g NiSO_4 vào 1000 ml nước cất, nhỏ 3-4 giọt HCl đậm đặc nhằm ổn định ion Ni^{2+} trong dung dịch.

Chuẩn bị dung dịch dimethyl glyoxin 1%: Hòa tan 1 g dimethyl glyoxin vào 100 ml dung dịch NaOH 5%.

Chuẩn bị dung dịch I_2 0,05 M: Hòa tan 3,175 g I_2 và 9,525 g KI vào 250 ml nước cất. Dung dịch I_2 được bảo quản trong chai sẫm màu.

Nội dung thí nghiệm xử lý ion Ni^{2+} trong nước của đá nhân tạo:

Khả năng hấp phụ ion Ni^{2+} của đá nhân tạo được nghiên cứu dựa trên việc khảo sát các thông số khác nhau như thời gian tiếp xúc, nồng độ kim loại, pH và lượng vật liệu, thể tích mẫu dung dịch. Trong đó, thời gian tiếp xúc được khảo sát từ 5 phút đến 360 phút; nồng độ kim loại được khảo sát tăng dần từ 1 mg/l đến 250 mg/l; giá trị pH được thay đổi từ 1 đến 10 (được điều chỉnh bằng dung dịch HCl đậm đặc và NaOH 10%); lượng đá nhân tạo được khảo sát từ 5 g đến 40 g và thể tích mẫu được khảo sát tăng từ 25-250 ml. Khi tiến hành khảo sát thông số nào thì các giá trị của thông số đó được điều chỉnh thay đổi, còn các thông số khác giữ cố định. Sau khi hấp phụ, đá nhân tạo được lọc để lấy ra khỏi mẫu nước thí nghiệm. Nồng độ Ni^{2+} còn lại trong dung dịch được xác định bằng máy AAS.

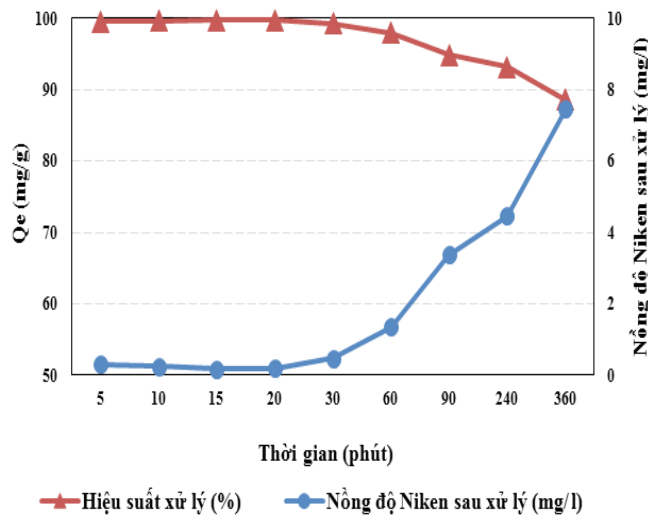
Hiệu suất (E%) và lượng Ni^{2+} sau khi hấp phụ (Q_e) được xác định theo công thức:

$$E = \frac{C_o - C_e}{C_o} \times 100(\%); \quad Q_e = (C_o - C_e) \cdot V$$

Trong đó, E là hiệu suất của quá trình hấp phụ (%); C_o là nồng độ Ni^{2+} ban đầu (mg/l); C_e là nồng độ Ni^{2+} sau khi hấp phụ (mg/l); Q_e là lượng Ni^{2+} sau khi hấp phụ (mg); V là thể tích của dung dịch (l).

Kết quả nghiên cứu và thảo luận

Ảnh hưởng của thời gian tiếp xúc

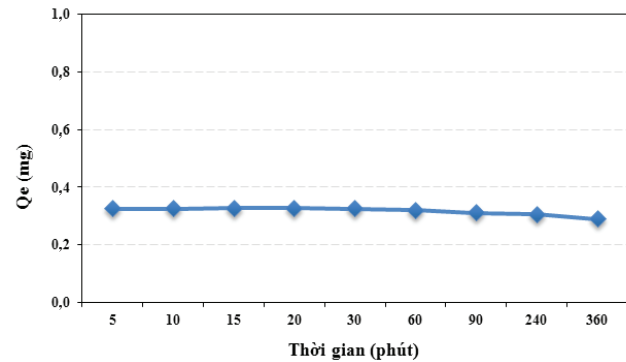


Hình 2. Ảnh hưởng của thời gian tiếp xúc đến hiệu suất xử lý.

Thí nghiệm khảo sát ảnh hưởng của thời gian tiếp xúc đến hiệu suất xử lý ion Ni^{2+} của đá nhân tạo được thực hiện bằng cách cho 20 g đá nhân tạo vào 100 ml dung dịch mẫu có pH = 4, nồng độ Ni^{2+} ban đầu là 65 mg/l, thời gian tiếp xúc được khảo sát từ 5 phút đến 360 phút (hình 2).

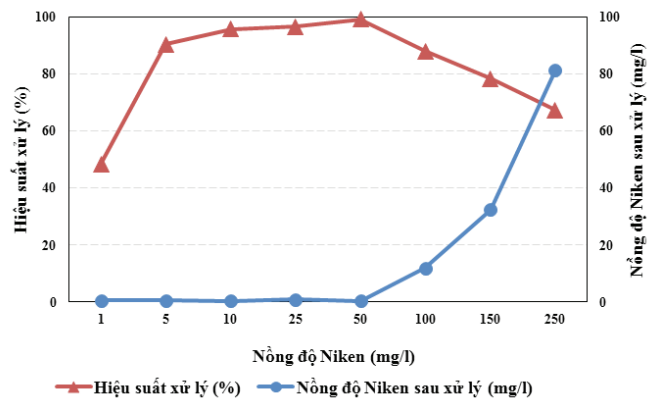
Khi tăng thời gian tiếp xúc từ 5 đến 360 phút thì khả năng hấp phụ Ni^{2+} của đá nhân tạo giảm, trong khoảng thời gian tiếp xúc từ 5 đến 30 phút, hiệu suất xử lý Ni^{2+} của đá nhân tạo tăng dần và đạt đến trạng thái gần như bão hòa, nồng độ Ni^{2+} giảm xuống 0,5 mg/l. Nhưng khi tiếp tục tăng thời gian từ 60 đến 360 phút, đường biểu diễn hiệu suất có xu hướng giảm xuống, nồng độ Ni^{2+} tăng từ 1,359 đến 7,454 mg/l. Tại mốc thời gian tiếp xúc là 15 phút, hiệu suất xử lý Ni^{2+} cao nhất (99,72%). Do vậy, các thông số tiếp theo được khảo sát ở thời gian hấp phụ là 15 phút.

Ngoài ra, một trong những ưu điểm khi sử dụng đá nhân tạo là khả năng hấp phụ H^+ giúp điều chỉnh pH trong dung dịch. Khi vật liệu tiếp xúc với mẫu nước có giá trị pH ban đầu là 4, mẫu nước sau xử lý có xu hướng tăng pH lên và đạt giá trị là 7. Vì vậy, đây là một trong những cơ sở góp phần nâng cao hiệu suất xử lý của đá nhân tạo mà không cần sử dụng hóa chất để nâng giá trị pH đối với những loại nước thải có tính axit, đồng thời cũng làm giảm lượng bùn thải sau xử lý. Cũng tương tự như đường biểu diễn hiệu suất xử lý, đường biểu diễn lượng Ni^{2+} hấp phụ trên 1 g đá nhân tạo có xu hướng giảm nhẹ khi tăng thời gian tiếp xúc của vật liệu (hình 3).



Hình 3. Ảnh hưởng của thời gian tiếp xúc đến lượng Ni^{2+} hấp phụ trên 1 g đá nhân tạo.

Ảnh hưởng của nồng độ ban đầu



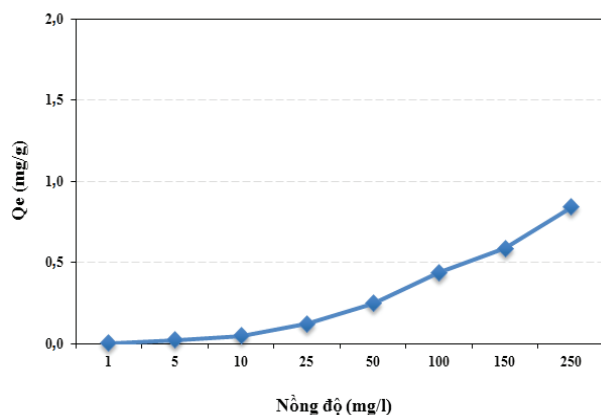
Hình 4. Ảnh hưởng của nồng độ đầu vào đến hiệu suất xử lý.

Thí nghiệm khảo sát ảnh hưởng nồng độ đầu vào đến hiệu suất xử lý ion Ni^{2+} của đá nhân tạo được thực hiện bằng cách cho 20 g đá nhân tạo vào 100 ml dung dịch mẫu có pH = 4, thời gian tiếp xúc 15 phút. Nồng độ ion Ni^{2+} được thay đổi từ 1 đến 250 mg/l (hình 4).

Khi tăng nồng độ Ni^{2+} từ 1 đến 250 mg/l thì hiệu suất xử lý Ni^{2+} của đá nhân tạo thay đổi rõ rệt. Ở nồng độ 1 mg/l hiệu suất xử lý Niken thấp nhất, chỉ đạt 48,47%. Khi tăng nồng độ từ 5 đến 50 mg/l thì hiệu suất tăng từ 90,52 đến 99,22%, tuy nhiên khi tiếp tăng nồng độ lên đến 250 mg/l thì hiệu suất xử lý có xu hướng giảm. Sự thay đổi lên xuống của đường biểu diễn nồng độ có thể được giải thích như sau: Tại mốc thời gian tiếp xúc 15 phút chỉ mới là mốc thời gian phù hợp để đá nhân tạo hấp phụ vừa đủ các ion Ni^{2+} trong các khoảng nồng độ từ 5 đến 50 mg/l, nhưng nó lại vượt quá ngưỡng thời gian bão hòa của vật liệu khi tiếp xúc mẫu nước chứa ion Ni^{2+} với nồng độ 1 mg/l. Còn trong khoảng nồng độ từ 100 đến 250 mg/l, hiệu suất xử lý giảm có thể do thời gian tiếp xúc chưa đủ hoặc nồng độ ion Ni^{2+} quá lớn trong

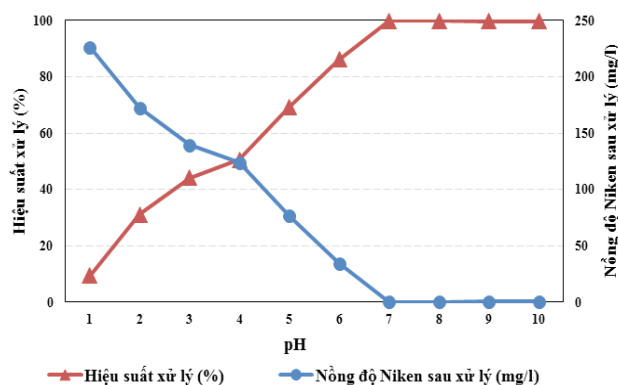
khi đó lượng vật liệu sử dụng còn ít.

Bên cạnh đó, đường biểu diễn lượng Ni^{2+} hấp phụ trên 1 g đá nhân tạo có xu hướng tăng dần khi tăng nồng độ. Mặc dù hiệu suất xử lý đạt cao nhất ở nồng độ 50 mg/l (99,22%) nhưng dựa vào biểu đồ biểu diễn sự hấp phụ Ni^{2+} trên 1 g vật liệu thì cho thấy khi tăng nồng độ lên thì khả năng hấp phụ của đá nhân tạo tăng lên rõ rệt và đạt mức cao nhất ở nồng độ 250 mg/l (hình 5). Do vậy, nồng độ 250 mg/l được chọn để khảo sát tiếp các thông số sau.



Hình 5. Ảnh hưởng của nồng độ ban đầu đến lượng Ni^{2+} hấp phụ trên 1 g đá nhân tạo.

Ảnh hưởng của pH



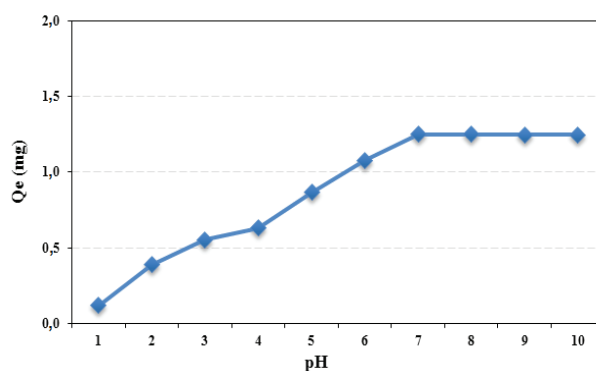
Hình 6. Ảnh hưởng của pH đến hiệu suất xử lý.

Thí nghiệm khảo sát ảnh hưởng của pH đến hiệu suất xử lý ion Ni^{2+} của đá nhân tạo được thực hiện bằng cách cho 20 g đá nhân tạo vào 100 ml dung dịch mẫu có nồng độ ion Ni^{2+} là 250 mg/l, thời gian tiếp xúc là 15 phút, khoảng pH được khảo sát dao động từ 1 đến 10 (hình 6).

Khi tăng giá trị pH thì nồng độ Niken sau xử lý giảm, hiệu suất xử lý tăng, ứng với khoảng pH từ 1 đến 6 nồng độ Ni^{2+} sau xử lý giảm từ 226,231 xuống 34,145 mg/l, hiệu suất tăng từ 9,47 lên 86,23% và bắt đầu từ pH 7 đến 10, nồng độ Ni^{2+} sau xử lý có giá trị nhỏ hơn 0,7 mg/l, hiệu suất

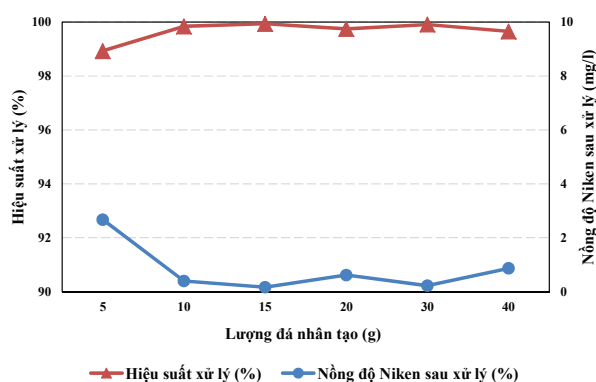
xử lý trong trường hợp này có thay đổi nhưng không đáng kể, đều đạt trên 99%. Ở môi trường pH > 7 sự có mặt của nhóm hydroxit dẫn đến hiện tượng kết tủa $\text{Ni}(\text{OH})_2$, đối với môi trường có pH < 7 thì các ion Ni^{2+} tan trong dung dịch, bền vững hơn so với môi trường pH > 7. Căn cứ kết quả thu được, pH từ 7 đến 10 là khoảng tối ưu cho các thí nghiệm còn lại. Tuy nhiên để hạn chế việc sử dụng hóa chất cũng như tiết kiệm chi phí đầu tư hóa chất trong việc điều chỉnh pH, đồng thời để phát huy tối đa hiệu quả sử dụng vật liệu, pH = 7 được chọn để khảo sát các thông số tiếp theo.

Đường biểu diễn lượng Ni^{2+} hấp phụ trên 1 g đá nhân tạo tương đồng với đường biểu diễn hiệu suất xử lý Niken. Khi thay đổi các giá trị pH từ 1 đến 6, lượng Ni^{2+} hấp phụ trên 1 g đá nhân tạo có sự thay đổi rõ ràng, tuy nhiên khi tiếp tục nâng giá trị pH từ 7 đến 10 có thay đổi nhưng không đáng kể (hình 7).



Hình 7. Ảnh hưởng của pH đến lượng Ni^{2+} hấp phụ trên 1 g đá nhân tạo.

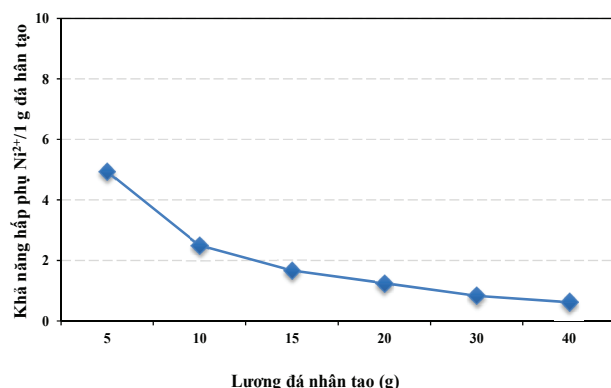
Ảnh hưởng của lượng đá nhân tạo



Hình 8. Ảnh hưởng của lượng đá nhân tạo đến hiệu suất xử lý.

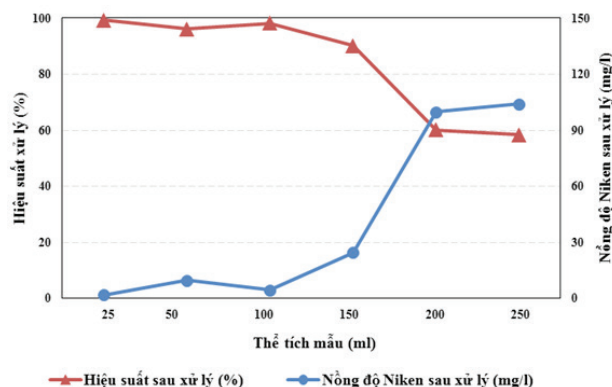
Thí nghiệm khảo sát ảnh hưởng của lượng đá nhân tạo đến hiệu suất xử lý ion Ni^{2+} được thực hiện bằng cách cho đá nhân tạo vào 100 ml dung dịch mẫu có pH = 4, nồng độ ion Ni^{2+} là 250 mg/l, thời gian tiếp xúc từ 15 phút, khối lượng vật liệu được khảo sát thay đổi từ 5 đến 40 g (hình 8).

Kết quả trên hình 8 cho thấy, ứng với 5 g đá nhân tạo, nồng độ Ni^{2+} sau khi xử lý còn 2,675 mg/l, hiệu suất xử lý đạt 98,93%. Tiếp tục tăng lượng đá nhân tạo lên đến 40 g thì hiệu suất xử lý không thay đổi nhiều, đều đạt trên 99%, nồng độ Ni^{2+} sau xử lý dao động trong khoảng từ 0,164-0,869 mg/l. Ngược lại với đường biểu diễn hiệu suất, đường biểu diễn ảnh hưởng của khối lượng đến khả năng hấp phụ Ni^{2+} /1 g đá nhân tạo có sự thay đổi rõ ràng, có xu hướng giảm dần khi tăng dần khối lượng (hình 9).



Hình 9. Ảnh hưởng của khối lượng đến khả năng hấp phụ Ni^{2+} trên 1 g đá nhân tạo.

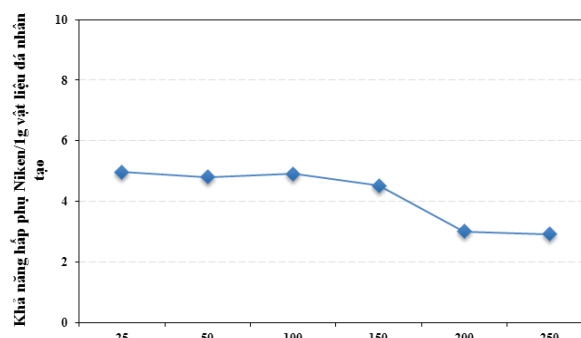
Ảnh hưởng của thể tích mẫu



Hình 10. Ảnh hưởng của việc tăng thể tích đến hiệu suất xử lý.

Thí nghiệm khảo sát ảnh hưởng của thể tích mẫu dung dịch đến hiệu suất xử lý ion Ni^{2+} của đá nhân tạo được thực hiện bằng cách cho 5 g đá nhân tạo vào các mẫu dung dịch có pH = 7, nồng độ ion Ni^{2+} là 250 mg/l, thời gian tiếp xúc là 15 phút, thể tích mẫu khảo sát dao động từ 25 đến 250 ml (hình 10).

Khi tăng thể tích mẫu nước chứa ion Ni^{2+} từ 25 đến 250 ml thì hiệu suất xử lý ion Ni^{2+} có xu hướng giảm xuống, từ 99,24 xuống 58,36%, nồng độ còn lại sau khi xử lý dao động từ 1,898 đến 104,104 mg/l. Cùng với đó, đường biểu diễn sự ảnh hưởng của việc tăng thể tích đến lượng Ni^{2+} hấp phụ trên 1 g đá nhân tạo có chiều hướng thay đổi giống với đường biểu diễn hiệu suất (hình 11).



Hình 11. Ảnh hưởng của việc tăng thể tích đến lượng Ni^{2+} hấp phụ trên 1 g đá nhân tạo.

Kết luận

Để loại bỏ các chất ô nhiễm ra khỏi nước cần phải áp dụng các công nghệ xử lý nước. Tuy nhiên, khi áp dụng bất kỳ một công nghệ nào cũng bị chi phối bởi hai yếu tố chính, đó là kinh tế và hiệu suất xử lý. Bên cạnh đó, để tránh các phát sinh thêm chi phí xử lý môi trường trong quá trình vận hành, các cơ sở sản xuất, doanh nghiệp còn quan tâm đến lượng bùn thải ra trong quá trình xử lý, lượng bùn cặn ít hay nhiều lại tùy thuộc vào từng công nghệ xử lý. Vì vậy, việc tư vấn giới thiệu các vật liệu đồng thời đảm bảo các yếu tố trên là rất cần thiết. Nghiên cứu này giới thiệu một vật liệu thân thiện với môi trường - một sản phẩm được tạo thành từ việc tái chế các loại chai, lọ thủy tinh. Các kết quả thí nghiệm được trình bày trong nghiên cứu này chứng minh được đá nhân tạo đã góp phần loại bỏ ion Ni^{2+} ra khỏi môi trường nước, đồng thời nhờ khả năng hấp phụ ion H^+ trong nước nên vật liệu này có khả năng đưa môi trường nước từ axit về trung tính, khả năng hấp thụ ion Ni^{2+} của đá nhân tạo phụ thuộc chặt chẽ vào các thông số như thời gian tiếp xúc, nồng độ ion kim loại Ni^{2+} ban đầu, pH, lượng đá nhân tạo cần dùng, và thể tích mẫu nước, nhưng nhìn chung vật liệu đá nhân tạo này có khả năng hấp phụ Ni^{2+} tối đa là 5 mg/g.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] World Health Organization - WHO (2011), *Guidelines for Drinking-Water Quality*, 4th ed, ISBN 978 92 4 154815 1.
- [2] R. Desjardins (1997), *Le Traitement Des Eaux*, 2nd ed., Ecole Polytechnique de Montreal: Montreal, QC, Canada, p.304.
- [3] B. Volesky (2001), "Detoxification of metal-bearing effluents: biosorption for the next century", *Hydrometallurgy*, **59**, pp.203-216.
- [4] K. Kadirvelu*, K. Thamaraiselvi, C. Namasivayam (2001), "Adsorption of nickel(II) from aqueous solution onto activated carbon prepared from coirpith", *Separation and Purification Technology*, **24**, pp.497-505
- [5] P. Parker (1980), *Encyclopedia of Environmental Sciences*, 2nd ed, McGraw Hill, New York.
- [6] J.D. Dean, F.L. Bosqui, K.H. Lanouette (1972), "Removing heavy metals from waste water", *Environ. Sci. Technol.*, **6**(6), pp.518-522