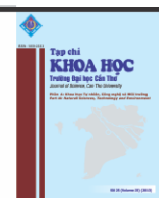




Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ
website: sj.ctu.edu.vn



GIẢI PHÁP THÍCH HỢP ĐỂ LOẠI BỎ ASEN TRONG NƯỚC NGẦM TẠI CÁC VÙNG NÔNG THÔN VIỆT NAM

Nguyễn Trung Thành¹, Vũ Thị Đan Thanh và Phan Phước Toàn¹

¹ Khoa Kỹ thuật - Công nghệ - Môi trường, Trường Đại học An Giang

Thông tin chung:

Ngày nhận: 23/04/2014

Ngày chấp nhận: 28/08/2014

Title:

A suitable way for rural areas toward arsenic removal from groundwater in Vietnam

Từ khóa:

công nghệ loại bỏ asen, hỗn hợp zeolite - bentonite, nồng độ asen cao, nước ngầm

Keywords:

arsenic removal technology, bentonite-zeolite, high arsenic contamination, groundwater

ABSTRACT

Sufficient quality of groundwater (i.e. without arsenic contaminant for domestic use purposes) is necessary for sustaining the living in rural areas of Vietnam. This study investigated the combination of simple arsenic removal engineering and advanced home-made adsorbent as a suitable approach toward arsenic removal from the high arsenic contaminant in groundwater. Arsenic-contaminated groundwater samples at the Cho Vam town, Phu Tan district, An Giang province were treated in this study. Arsenic contaminant removal engineering was separated into co-precipitation and adsorption steps. Two parameters including air purging time for the co-precipitation step and flow rate of ground water for the adsorption step were optimized; the remained arsenic concentration of treated groundwater decreased to less than 10 µg/L. Such arsenic level of treated water satisfied the arsenic maximum concentration limitation of the World Health Organization (WHO) for the domestic-used groundwater. For arsenic removal adsorbent material, additionally, the home-made adsorbent showed about ~1.2-fold of arsenic removal efficiency than that of commercial adsorbent (NC-F20). This implied that the home-made adsorbent showed higher advantage than NC-F20 in arsenic removal application. The advanced function of home-made adsorbent could be combined with porous structures of natural zeolite and hydration facility for iron ions in the structure of bentonite material.

TÓM TẮT

Nước ngầm không nhiễm asen là rất cần thiết cho người dân ở các khu vực nông thôn Việt Nam. Trong nghiên cứu này cho thấy việc kết hợp một công nghệ đơn giản và chất hấp phụ tiên tiến tự tổng hợp là một giải pháp thích hợp cho việc loại bỏ asen từ nước ngầm với nồng độ asen cao ở các khu vực nông thôn của Việt Nam. Mẫu nước ngầm tại thị trấn Chợ Vàm, huyện Phú Tân, tỉnh An Giang là đối tượng trong nghiên cứu này. Công nghệ loại bỏ asen gồm giai đoạn đồng kết tủa và hấp phụ. Hai thông số cơ bản là thời gian sục không khí (giai đoạn đồng kết tủa) và lưu lượng dòng nước ngầm (giai đoạn hấp phụ) đã được tối ưu trong điều kiện thí nghiệm; nồng độ asen còn lại trong nước ngầm sau xử lý < 10 µg/L và đạt tiêu chuẩn cho phép đối với chỉ tiêu asen. Ngoài ra, vật liệu hấp phụ tự tổng hợp của nghiên cứu này cho thấy khả năng loại bỏ asen cao hơn 1,2 lần so với khả năng loại bỏ asen của vật liệu công nghiệp (NC-F20). Sự vượt trội về hoạt tính hấp phụ asen của vật liệu tự tổng hợp có thể là do sự kết hợp các tính năng vượt trội của các nguyên liệu thành phần; ví dụ như: cấu trúc rỗng (zeolite tự nhiên) và tính dễ dàng hydrat hóa của các ion sắt trong cấu trúc của bentonite.

1 GIỚI THIỆU

Ô nhiễm asen đã được tìm thấy ở nhiều nơi trên khắp thế giới (Smedley, 2002); ví dụ như, sự ô nhiễm asen được tìm thấy ở miền Bắc nước Mỹ và các nước Châu Á (Mondal, 2006; Chatterjee, 1995; Dhar, 1997). Các ảnh hưởng của asen đến sức khỏe con người đã được thể hiện trong nhiều tài liệu trước đây như là sảy thai (Richardson, 2006), bệnh tiểu đường (Navas Acien, 2008) và sùng hóa da... Vì vậy, tổ chức y tế thế giới-WHO (World Health Organization) qui định giới hạn tối đa cho phép đối với nồng độ asen trong nước là 10 $\mu\text{g/L}$. Ở Việt Nam, mức độ ô nhiễm asen của nước ngầm được tìm thấy với mức độ cao tại An Giang và các tỉnh khác; ví dụ như: nước ngầm thuộc các huyện của tỉnh An Giang (bao gồm An Phú, Phú Tân và Thoại Sơn) được tìm thấy với nồng độ ô nhiễm asen $\sim 1000 \mu\text{g/L}$ (Đặng Ngọc Chánh, 2010). Nồng độ asen này là cao gấp 100 lần so với giới hạn asen cực đại cho phép (MCL). Thêm vào đó, phần lớn các nông hộ thuộc các huyện này sử dụng nước ngầm từ các giếng khoan cho các mục đích khác nhau trong cuộc sống (tắm, giặt và uống); và sự nhiễm độc asen đã được ghi nhận trong nghiên cứu trước đây (Đặng Ngọc Chánh, 2010). Vì vậy, việc loại bỏ asen từ nước ngầm tại An Giang (cũng như các tỉnh khác) là rất cần thiết trước khi người dân sử dụng.

Thêm vào đó, hầu hết người dân ở các khu vực nông thôn của Việt Nam thường có thu nhập thấp. Do đó, các yêu cầu cho việc đầu tư một hệ thống loại bỏ asen từ nước ngầm cần phải thỏa mãn các điều kiện sau: (i) chi phí đầu tư thiết bị và chất hấp phụ để loại bỏ asen phải rẻ tiền; (ii) nguyên liệu ban đầu để làm thiết bị và tổng hợp chất hấp phụ dễ tìm và (iii) người dân tại các vùng nông thôn có thể tự chế tạo thiết bị và giá thành vật liệu hấp phụ thấp.

Như đã biết các cấu tử asen tồn tại ở dạng arsenate (H_2AsO_4^- và HAsO_4^{2-}) trong môi trường nước có tính oxi hóa và arsenite (H_3AsO_3^0 và H_2AsO_3^-) tồn tại trong môi trường có tính khử. Theo các tài liệu tham khảo báo cáo cho rằng dạng khử của asen (dạng arsenite) độc gấp 25-60 lần so với dạng arsenate và chúng rất linh động trong môi trường (Gupta, 2013). Các công nghệ hiện tại để loại bỏ asen bao gồm oxi hóa/kết tủa; đông tụ/kết tủa; lọc nano (nanofiltration) thẩm thấu ngược, điện phân, hấp phụ, trao đổi ion, tuyển nổi; chiết dung môi và xử lý sinh học (Lê Hoàng Việt và *ctv.*, 2013; Gupta, 2013; Cao, 2012; Addo Ntim, 2011). Hầu hết các kỹ thuật có hiệu quả tốt và khả năng

loại bỏ asen nhất định. Tuy nhiên, các kỹ thuật này vẫn còn tồn tại một số hạn chế như tạo ra chất thải độc hại, hiệu quả tốt đối với các loại nước ngầm có nồng độ asen thấp và chi phí đầu tư cao. Qua đó cho thấy việc loại bỏ asen từ nước ngầm có nồng độ asen cao và chi phí xử lý thấp vẫn còn là một thách thức lớn.

Gần đây, các báo cáo cho thấy các vật liệu nano trên cơ bản là oxit sắt (ví dụ, $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$; nano oxit sắt trên carbon nanotube, chitosan; và hỗn hợp oxit khác với sắt...) có hiệu quả hấp phụ asen rất tốt (Gupta, 2013; Cao, 2012; Addo Ntim, 2011). Tuy nhiên, chi phí đầu tư cho hệ thống xử lý cao và công đoạn tổng hợp vật liệu hấp phụ rất phức tạp. Tại Việt Nam, vật liệu hấp phụ asen thương mại là NC-F20. NC-F20 được chế tạo bằng cách kết tủa các hạt nano oxit sắt lên bề mặt chất mang bentonite. Nhìn chung, giá thành NC-F20 là cao so với điều kiện sống của người dân tại nông thôn. Thêm vào đó, zeolite tự nhiên được xem là vật liệu hấp phụ thương mại và rất phổ biến trong các hệ thống xử lý môi trường và xử lý ao nuôi thủy hải sản (Wang, 2010). Tuy nhiên, sử dụng zeolite có thể là một giải pháp kỹ thuật cho các nguồn nước ngầm nhiễm asen với nồng độ thấp.

Mục tiêu của nghiên cứu này là chứng minh việc kết hợp một công nghệ đơn giản và chất hấp phụ tiên tiến tự tổng hợp là một giải pháp thích hợp cho việc loại bỏ asen từ nước ngầm với nồng độ asen cao ở các khu vực nông thôn của Việt Nam. Công nghệ để loại bỏ asen gồm giai đoạn đông kết tủa và hấp phụ. Các hạt vật liệu hấp phụ được chế tạo bằng phương pháp ươm và đơn giản. Tất cả nguyên liệu (bao gồm cả zeolite tự nhiên và bentonite-Việt Nam); hóa chất (HCl 10% thể tích - sản xuất tại Trung Quốc) và nước khử Ion (nước DI) đã được sử dụng với mục đích giảm chi phí chế tạo vật liệu và thân thiện với môi trường. Phương pháp này có thể được xem là một phương pháp tiên tiến cho sản xuất chất hấp phụ vì có nhiều ưu điểm, như: nhanh chóng, tính lặp lại cao và có thể thực hiện sản xuất với quy mô lớn.

2 PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Hóa chất

Axit clohydric (HCl 36% thể tích - xuất tại Trung Quốc); Zeolite tự nhiên (Việt Nam; tỷ lệ Si/Al: 1,2 ÷ 2,5) và Bentonite (Việt Nam; tỷ lệ Si/Al: 1,2 ÷ 1,3), các nguyên liệu này được mua từ các cửa hàng hóa chất thương mại tại Việt Nam; nước khử Ion (nước DI) được sử dụng trong tất cả các thí nghiệm để chế tạo chất hấp phụ; và dung dịch tiêu

chuẩn asen và sắt (được sản xuất bởi công ty Merk).

2.2 Mẫu nước ngầm

Trong các thí nghiệm, các mẫu nước ngầm nhiễm asen được lấy từ các giếng khoan có các độ sâu từ 20÷40 m tại các vị trí khác nhau, ví dụ như: huyện An Phú (Phước Hưng (10°51'59.7"N 105°05'04.0"E) và Khánh An (10°57'13.3"N 105°06'29.7"E)); Chợ Vàm-Phú Tân (10°42'42.9"N 105°20'41.7"E); An Phú-Tịnh Biên (10°37'58.4"N 104°58'13.3"E) trong tỉnh An Giang-Việt Nam. Các mẫu nước ngầm được thu tại trạm nước ngầm. Trước khi phân tích chất lượng nước, các yêu cầu lưu trữ đối với mẫu nước ngầm được thực hiện theo hướng dẫn của TCVN 5993-1995 (Chất lượng nước-Lấy mẫu-Hướng dẫn bảo quản và xử lý mẫu) và TCVN 6000-1995 (Chất lượng nước-lấy mẫu-Hướng dẫn lấy mẫu nước ngầm). Cụ thể là 3 ml dung dịch HNO₃ 63% (Sản xuất tại Trung Quốc) cho vào các mẫu nước ngầm (1 lít) để đạt pH = 3 và sau đó là mẫu nước ngầm được bảo quản ở điều kiện 5°C.

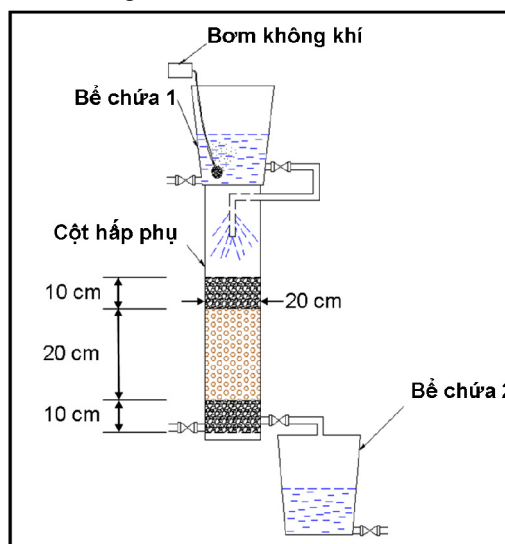
2.3 Chế tạo vật liệu hấp phụ asen

Chất hấp phụ được chế tạo với quy trình đơn giản gồm ba bước. Bước đầu tiên - làm sạch bentonite; vật liệu bentonite được làm sạch để loại bỏ chất gây ô nhiễm khác bằng dung dịch HCl 10% thể tích (với tỷ lệ ban đầu bentonite/HCl là 1 kg/2 lít). Sau 1 giờ cho khuấy trộn, hỗn hợp được lọc và rửa nhiều lần với nước DI. Tiếp theo, bentonite được sấy khô 24 giờ ở 150 °C. Bước thứ hai - phối trộn hỗn hợp zeolite tự nhiên và bentonite đã được làm sạch; Hỗn hợp gồm 30% zeolite và 70% bentonite được trộn đều trong 3 giờ. Bước cuối

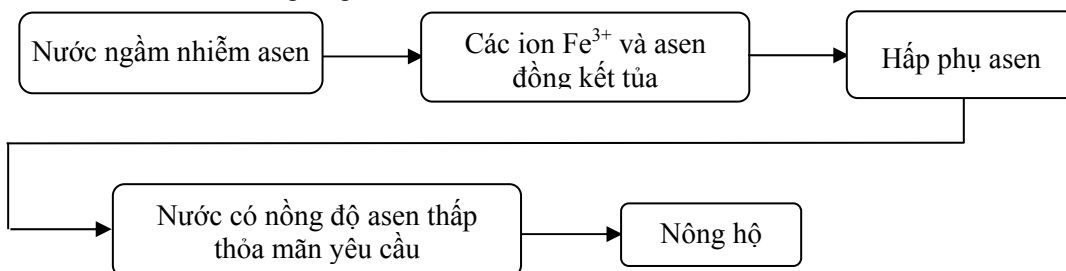
cùng - tạo hạt cho vật liệu hấp phụ, một lượng nước thích hợp được cho vào hỗn hợp zeolite-bentonite trên để tạo thành một khối nhão. Tiếp theo, khối nhão này được sấy với thời gian 12 giờ ở 150 °C, và sau đó chúng được nung ở 350 °C. Sau 4 giờ cho nung, chất rắn được làm nguội xuống đến nhiệt độ phòng. Cuối cùng, các hạt rắn được đập thành các hạt nhỏ hơn và kích thước của các hạt vật liệu hấp phụ asen khoảng 3 mm.

2.4 Mô hình thử nghiệm xử lý asen từ nước ngầm

Hình 1 mô tả mô hình thử nghiệm xử lý asen, trong đó bao gồm các kỹ thuật đồng kết tủa và hấp phụ. Một giới thiệu ngắn về công nghệ này được thể hiện trong Hình 2.



Hình 1: Mô hình xử lý asen trong nước ngầm



Hình 2: Quy trình công nghệ xử lý asen

2.5 Thử nghiệm xử lý asen

Các thí nghiệm nghiên cứu loại bỏ asen từ nước ngầm có thể được mô tả như: không khí được sục vào bể số 1 (chứa 5 lít nước ngầm) nhờ vào một máy bơm không khí (KK780). Sau thời gian sục không khí, nước ngầm chảy vào cột vật liệu hấp

phụ (gồm 2 lớp sỏi thô và cát (lớp thứ 1 và lớp thứ 3 đều có chiều cao 10 cm); 3 kg vật liệu hấp phụ (lớp ở giữa, chiều cao 20 cm); các hạt được sắp xếp ngẫu nhiên) để thực hiện quá trình hấp phụ asen. Cuối cùng, nước sau xử lý với lưu lượng khác nhau tại đầu ra của cột hấp phụ được đưa vào bể chứa số 2.

2.6 Xác định nồng độ asen và sắt

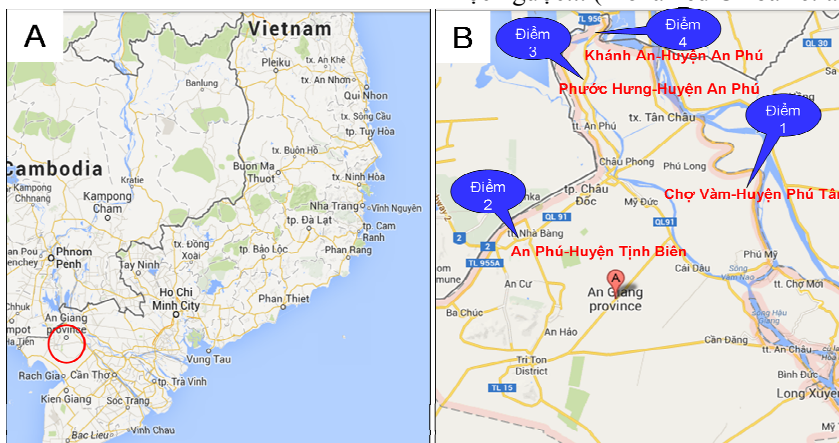
Nồng độ asen và sắt trong nghiên cứu này được phân tích bằng phương pháp quang phổ hấp thụ nguyên tử (máy AAS-ZEEnit 700). Các chất chuẩn asen và sắt là các hóa chất sản xuất bởi công ty Merk được sử dụng để xây dựng các đường chuẩn.

3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Chất lượng nước ngầm tại tỉnh An Giang

An Giang là một trong các tỉnh của Việt Nam có nồng độ asen trong nước ngầm cao. Hình 3 cho thấy vị trí của tỉnh An Giang (được khoanh tròn) trong bản đồ Việt Nam và các vị trí lấy mẫu nước ngầm bao gồm thị trấn Chợ Vàm - huyện Phú Tân (điểm 1); thị trấn An Phú - huyện Tịnh Biên (điểm 2), thị trấn Phước Hưng (điểm 3) và Khánh An

(điểm 4) - huyện An Phú. Từ các báo cáo chất lượng nước ngầm trước đây cho thấy nước ngầm tại tỉnh An Giang ô nhiễm bởi nhiều loại ion kim loại nặng (Đặng Ngọc Chánh và *ctv.*, 2010). Trong đó, nồng độ asen là cao nhất so với nồng độ của các ion khác và cao hơn mức giới hạn cực đại cho phép (MCL) đối với asen. Trong xử lý asen, nồng độ asen và ion sắt trong nước ngầm là rất quan trọng. Bởi vì nồng độ của ion sắt có thể quyết định kỹ thuật loại bỏ asen, ví dụ: đối với nước ngầm có hàm lượng ion sắt cao, việc loại bỏ asen có thể được điều hành bằng cách sục không khí để thực hiện quá trình đồng kết tủa ion sắt - asen (Sancha, 2006). Đối với nước ngầm có hàm lượng ion sắt thấp, việc loại bỏ asen có thể được thực hiện bằng kỹ thuật phức tạp hơn, ví dụ như kỹ thuật hấp phụ, lọc ngược... (Mohamed Chiban *et al.*, 2012).

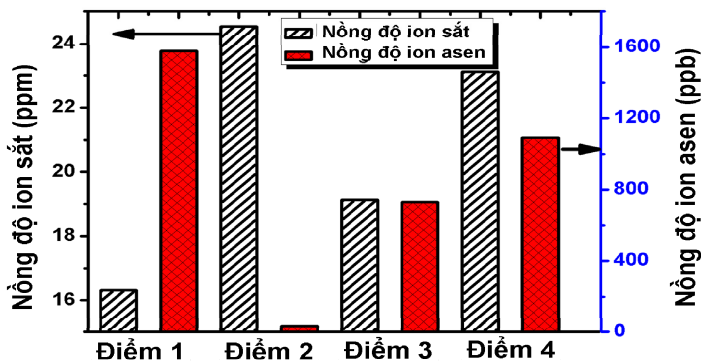


Hình 3: Vị trí tỉnh An Giang và vị trí lấy mẫu nước ngầm

3.2 Nồng độ sắt và asen trong các mẫu nước ngầm

Việc lưu trữ và phân tích chất lượng của mẫu nước ngầm được thực hiện với các hướng dẫn từ các tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN) (xin xem phần thực nghiệm). Trong nghiên cứu này, nồng độ sắt

và asen trong nước ngầm tại bốn điểm (đã đề cập trước) được thể hiện trong Hình 4. Những kết quả này tương tự với các kết quả trong báo cáo trước đây (Đặng Ngọc Chánh và *ctv.*, 2010). Mẫu nước ngầm tại điểm 1 được chọn làm mẫu nước ngầm đầu vào cho các thí nghiệm bởi vì nồng độ asen cao nhất và nồng độ sắt thấp.



Hình 4: Nồng độ ion sắt và asen trong các mẫu nước ngầm



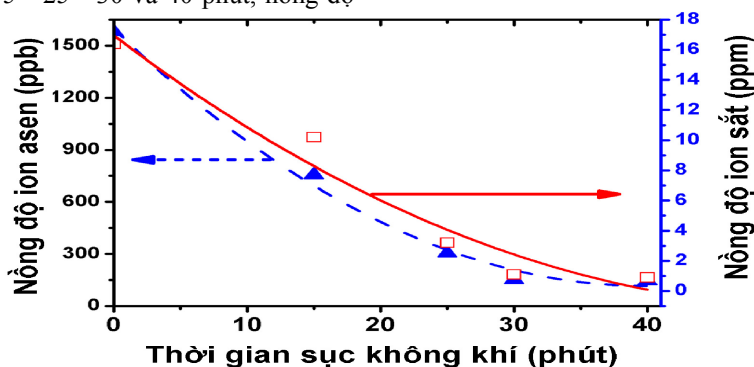
Hình 5: Ảnh các hạt vật liệu hấp phụ tự tổng hợp từ hỗn hợp Zeolite-Bentonite (phóng to 2 lần)

Ở đây, kỹ thuật đồng kết tủa và hấp phụ được sử dụng để thiết kế mô hình loại bỏ asen từ nước ngầm (xem Hình 1 và Hình 2 trong phần thực nghiệm). Kỹ thuật đồng kết tủa được sử dụng để loại bỏ một lượng lớn đáng kể các ion asen trong nước ngầm bằng cách đồng kết tủa $\text{Fe}(\text{OH})_3$ và các ion asen. Lưu ý rằng $\text{Fe}(\text{OH})_3$ được tạo ra từ quá trình oxy hóa của các ion Fe^{2+} trong nước ngầm bằng cách sục không khí. Ở đây, quá trình sục không khí được sử dụng với mục đích giảm việc sử dụng hóa chất và giảm chi phí xử lý. Kỹ thuật hấp phụ được thực hiện với các vật liệu tự tổng hợp tại phòng thí nghiệm từ hỗn hợp zeolite-bentonite để loại bỏ asen với mức độ tinh hơn. Hình 5 cho thấy hình ảnh của các hạt vật liệu hấp phụ.

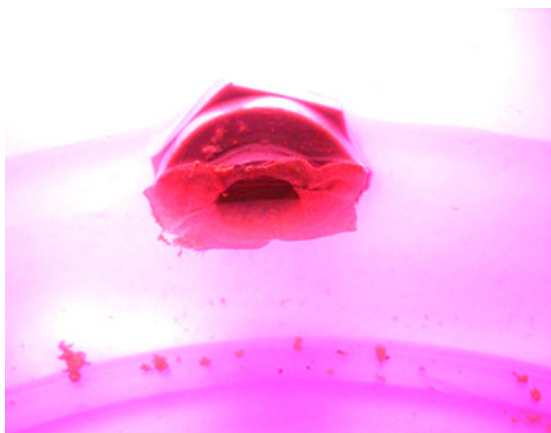
3.3 Ảnh hưởng của thời gian sục không khí đến nồng độ asen còn lại sau giai đoạn đồng kết tủa

Ảnh hưởng của nồng độ asen ban đầu và lưu lượng đầu vào ảnh hưởng đến hiệu quả loại bỏ asen của cột hấp phụ đã được chứng minh trong các báo cáo trước đây (Palas Roy *et al*, 2013). Vì vậy, thời gian sục không khí cho giai đoạn đồng kết tủa rất cần được khảo sát. Trong nghiên cứu này, chúng tôi thực hiện các thí nghiệm với thời gian sục không khí là 0 - 15 - 25 - 30 và 40 phút, nồng độ

còn lại của asen và sắt trong nước ngầm sau thời gian sục không khí được thể hiện trong Hình 6. Các kết tủa sau thời gian sục không khí đã được ghi nhận như trong Hình 7. Như đã thể hiện trong Hình 6, nồng độ của các ion sắt và asen trong nước ngầm sau thời gian sục không khí giảm so với nồng độ của các ion đầu vào và tỷ lệ nghịch với thời gian sục không khí. Sự thay đổi này là do các ion Fe^{3+} và asen đồng kết tủa như đã được giải thích trong các báo cáo trước đây. Thêm vào đó, khi so sánh nồng độ của các ion tại các thời điểm liên tiếp nhau cho thấy sự khác biệt lớn của nồng độ các ion (bao gồm cả các ion sắt và asen) đối với khoảng thời gian sục khí ngắn (thời gian sục khí ít hơn 25 phút) và sự khác biệt nhỏ đối với khoảng thời gian sục khí dài hơn (lớn hơn 25 phút). Điều này có thể giải thích rằng điện tích của các hạt keo sắt được trung hòa bởi các ion asen tích điện âm (như các ion H_2AsO_4^- và HAsO_4^{2-}). Nhìn chung, hiệu quả cao cho việc loại bỏ sắt và asen được quan sát với thời gian sục không khí dài hơn. Từ kết quả thực nghiệm cho thấy thời gian từ 30 đến 40 phút có thể được xem là tối ưu cho quá trình sục không khí và quá trình sục không khí có thể loại bỏ $\sim 1400 \mu\text{g As/L}$.



Hình 6: Ảnh hưởng của thời gian sục không khí đến nồng độ còn lại của asen trong nước ngầm

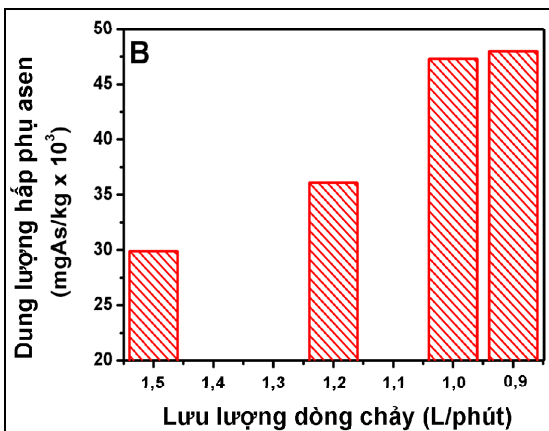
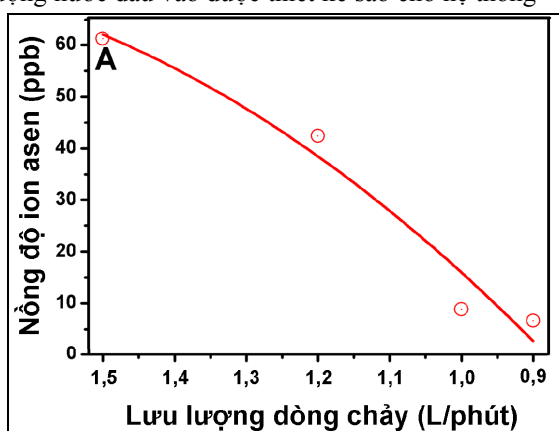


Hình 7: Các hạt bông tủa trong nước sau quá trình sục không khí

3.4 Ảnh hưởng của tốc độ dòng chảy đầu vào đến hiệu quả xử lý arsen của cột hấp phụ

Để thương mại hóa mô hình và chất hấp phụ tự tổng hợp này thì ảnh hưởng của lưu lượng dòng chảy đầu vào của nước ngầm sau khi đồng kết tủa cần được nghiên cứu. Trong nghiên cứu này, lưu lượng nước đầu vào được thiết kế sao cho hệ thống

này có thể áp dụng cho điều kiện thực tế tại nông thôn Việt Nam. Ngoài ra, các thông số thiết kế của cột hấp phụ được hiển thị trong Hình 1, bao gồm kích thước ống, độ dày của lớp vật liệu hấp phụ. Trong ống hấp phụ, các hạt vật liệu hấp phụ được sắp xếp ngẫu nhiên và được thực hiện cho tất cả các thí nghiệm.



Hình 8: Ảnh hưởng của lưu lượng dòng chảy đến nồng độ arsen còn lại sau giai đoạn hấp phụ (A) và hiệu quả loại bỏ arsen của vật liệu hấp phụ tự tổng hợp (B)

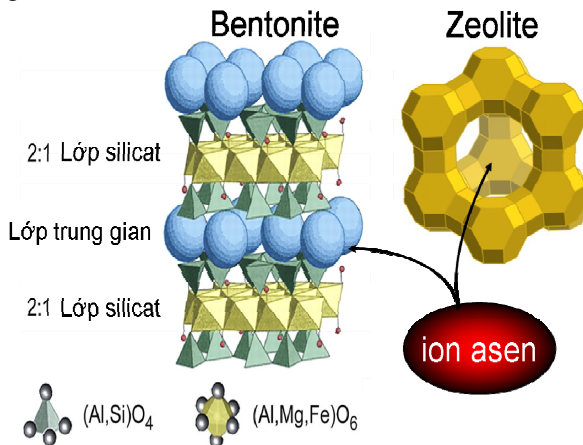
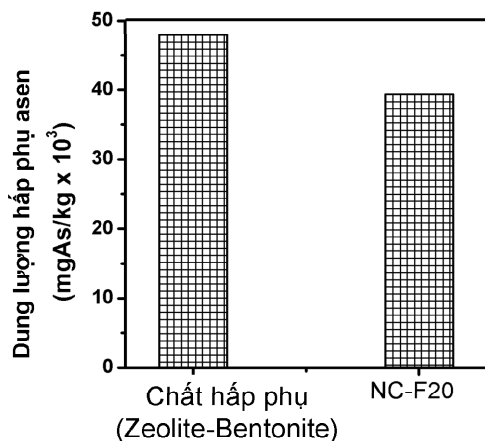
Khối lượng arsen có thể được loại bỏ từ nước ngầm phụ thuộc nhiều vào lưu lượng dòng chảy đầu vào của nước ngầm như được thể hiện trong Hình 8. Các kết quả cho thấy hiệu quả loại bỏ arsen có thể giảm ở lưu lượng dòng chảy cao. Điều này có thể được giải thích là khi tốc độ dòng chảy cao hơn thì thời gian tiếp xúc giữa dòng nước và chất hấp phụ giảm. Hiện tượng này đã được chỉ ra trong báo cáo trước đây (Palas Roy *et al.*, 2013). Từ các kết quả thực nghiệm cho thấy lưu lượng từ 0,9-1,0 lít/phút cho hiệu quả loại bỏ arsen cao nhất; và dung lượng ~ 144 µg được xác định đối với chất hấp phụ tự tổng hợp tại tốc độ dòng chảy 0,9 L/phút và

nồng độ arsen trong dòng nước sau xử lý thấp hơn so với MCL (<10 mg/L).

Ngoài ra, nghiên cứu này cũng thực hiện việc so sánh hiệu quả loại bỏ arsen đối với vật liệu hấp phụ tự tổng hợp và một vật liệu hấp phụ thương mại (NC-F20) với các điều kiện thí nghiệm giống nhau (40 phút sục không khí tại giai đoạn đồng kết tủa và lưu lượng dòng nước chảy vào cột hấp phụ là 0,9 L/phút). NC-F20 là một vật liệu hấp phụ arsen thương mại rất phổ biến tại Việt Nam và NC-F20 được chế biến bằng cách gắn các hạt nano oxit sắt trên bề mặt chất mang bentonite. Thực nghiệm cho thấy hiệu quả loại bỏ arsen của vật liệu hấp phụ

tự tổng hợp cao hơn (~ 1,2 lần và được thể hiện trong Hình 9) so với vật liệu hấp phụ thương mại. Điều này có thể được giải thích là vật liệu hấp phụ của chúng tôi có nhiều ưu điểm hơn vật liệu hấp phụ thương mại, như các hạt oxit sắt trong cấu trúc bentonite rất dễ dàng được hydrat hóa và zeolite có cấu trúc rỗng. Cơ chế có thể được đề cập trong

Hình 9. Nhìn chung, mô hình này có thể nâng cấp với lưu lượng cao hơn và có thể thương mại hóa tại các vùng nông thôn Việt Nam. Đồng thời, vật liệu hấp phụ tự tổng hợp có thể được sản xuất dễ dàng bởi vì các vật liệu bentonite và zeolite tự nhiên có thể được tìm thấy ở nhiều nơi tại Việt Nam.



Hình 9: So sánh dung lượng hấp phụ asen của vật liệu hấp phụ tự tổng hợp và NC-F20 ở các điều kiện thực nghiệm giống nhau và cơ chế hấp phụ asen của vật liệu tự chế

4 KẾT LUẬN

Mô hình thử nghiệm để xử lý asen đã được thiết kế và phù hợp cho hoạt động loại bỏ asen từ nước ngầm trong điều kiện thí nghiệm. Vật liệu hấp phụ tự tổng hợp rất thích hợp để xử lý asen ở pH của nước ngầm tự nhiên (có đặc tính giống nước ngầm tại Chợ Vàm - huyện Phú Tân). Với các điều kiện thí nghiệm như nhau, đối với hiệu quả loại bỏ asen, vật liệu hấp phụ tự tổng hợp cho thấy hiệu quả cao hơn ~ 1,2 lần so với vật liệu hấp phụ thương mại. Điều này có thể chỉ ra rằng vật liệu hấp phụ tự tổng hợp này có nhiều ưu điểm hơn so với vật liệu hấp phụ thương mại; những ưu điểm của vật liệu hấp phụ tự tổng hợp được kết hợp từ những đặc tính của các nguyên liệu thành phần, bao gồm cấu trúc xốp của zeolite tự nhiên và tính dễ hydrat hóa của vật liệu bentonite. Các thông số tối ưu cho mô hình thực nghiệm cũng được chỉ ra. Đối với giai đoạn đồng kết tủa, thời gian sục không khí từ 30 đến 40 phút. Đối với quá trình hấp phụ, tốc độ dòng chảy đầu vào cột hấp phụ của nước ngầm là 0,9-1,0 lít/phút. Nồng độ asen ở điểm cuối của hệ thống này là < 10 mg/L; thỏa mãn MCL của WHO và hệ thống này sẵn sàng phục vụ cho mục đích sử dụng nước tại các khu vực nông thôn. Tóm lại, sự kết hợp của công nghệ loại bỏ asen đơn giản và vật liệu hấp phụ tự tổng hợp của nghiên cứu này là một giải pháp thích hợp đối với việc loại bỏ asen từ

nước ngầm với nồng độ asen cao tại các vùng nông thôn của Việt Nam (có đặc tính giống nước ngầm tại Chợ Vàm - huyện Phú Tân).

LỜI CẢM ƠN

Chúng tôi chân thành cảm ơn Trường Đại học An Giang đã hỗ trợ thiết bị phân tích để hoàn thành nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Addo Ntim, S. and S. Mitra, 2011. Removal of Trace Arsenic To Meet Drinking Water Standards Using Iron Oxide Coated Multiwall Carbon Nanotubes. *Journal of Chemical & Engineering Data*, 56 (5): 2077-2083.
2. Cao, C.Y., J. Qu, W.S. Yan, J.F. Zhu, Z.Y. Wu, and W.G. Song, 2012. Low-Cost Synthesis of Flowerlike α -Fe₂O₃ Nanostructures for Heavy Metal Ion Removal: Adsorption Property and Mechanism. *Langmuir*, 28 (9): 4573-4579.
3. Chatterjee, A. D., B. K. Mandal, T. R. Chowdhury, G. Samanta, and D. Chakraborty, 1995. Arsenic in ground water in six districts of West Bengal, India: the biggest arsenic calamity in the world. Part I.

- Arsenic species in drinking water and urine of the affected people. *Analyst*, 120: 643-656.
4. Dang Ngoc Chanh, Dang Minh Ngoc and Nguyen Qui Hoa, 2010. Investigating arsenicosis cases in An Giang Province. *Journal of Medicine-Ho Chi Minh City*, 14 (2): 140-146.
5. Dhar, R. K. B., G. Samanta, B. K. Madal, D. Chakraborti and S. Roy, 1997. Groundwater arsenic calamity in Bangladesh. *Curr. Sci*, 1 (73): 48-59.
6. Gupta, A., M. Yunus and N. Sankararamakrishnan, 2013. Chitosan- and Iron-Chitosan-Coated Sand Filters: A Cost-Effective Approach for Enhanced Arsenic Removal. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 52 (5): 2066-2072.
7. Lê Hoàng Việt, Nguyễn Hữu Chiêm, Huỳnh Long Toàn và Phan Thanh Thuận, 2013. Xử lý nước dưới đất ô nhiễm arsenic qui mô hộ gia đình. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ, Phần A: Khoa học Tự nhiên, Công nghệ và Môi trường*: 25: 36-43.
8. Mohamed CHIBAN, M. Z., Gabriela CARJA and Fouad SINAN, 2012. Application of low-cost adsorbents for arsenic removal: A review. *Journal of Environmental Chemistry and Ecotoxicology*, 4 (5): 91-102.
9. Mondal, P. M., C. B. and B. Mohanty, 2006. Laboratory based approaches for arsenic remediation from contaminated water: Recent developments. *J. Hazard. Mater*, 1 (137): 464-479.
10. Navas Acien, A. S., E. K., R. Pastor-Barriuso, E. Guallar, 2008. Arsenic exposure and prevalence of type 2 diabetes in US adults. *J. Am. Med. Assoc*, 7 (300): 814-822.
11. Palas Roy, N. K. M., Shreya Bhattacharya, Biswajit Das and Kousik Das, 2013. Removal of arsenic (III) and arsenic(V) on chemically modified low-cost adsorbent: batch and column operations. *Appl Water Sci*, 3: 293-309.
12. Richardson, S. D., 2006. Environmental mass spectrometry: Emerging contaminants and current issues *Anal. Chem*, 12 (78): 4021-4045.
13. Sancha, A. M., 2006. Review of Coagulation Technology for Removal of Arsenic: Case of Chile. *J Health Popul Nutr*, 24 (3): 267-272.
14. Smedley, P. L. K., D. G., 2002. A review of the source, distribution and behaviour of arsenic in natural waters. *Appl. Geochem*, 17: 517-568.
15. Wang, S. and Y. Peng, 2010. Natural zeolites as effective adsorbents in water and wastewater treatment. *Chemical Engineering Journal*, 156 (1): 11-24.