

## Nghiên cứu sự phân bố Asen trong trầm tích và nước ngầm tại đồng bằng châu thổ Sông Hồng

Nguyễn Thị Thu Trang<sup>1,\*</sup>, Phạm Thị Kim Trang<sup>1</sup>, Hoàng Thị Tươi<sup>1</sup>,  
Nguyễn Thị Hoa Mai<sup>1</sup>, Nguyễn Như Khuê<sup>1</sup>, Cao Thị Mai Trang<sup>1</sup>,  
Vi Thị Mai Lan<sup>1</sup>, Phạm Hùng Việt<sup>1</sup>, Dieke Postma<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Trung tâm Nghiên cứu Công nghệ Môi trường và Phát triển Bền vững (CETASD),  
Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQGHN, 334 Nguyễn Trãi, Hà Nội, Việt Nam

<sup>2</sup>Viện Khảo sát Địa chất và Khoáng sản Đan Mạch (GEUS)

Nhận ngày 10 tháng 5 năm 2012

**Tóm tắt.** Phân bố asen (As) trong trầm tích và nước ngầm được nghiên cứu tại hai địa điểm có đặc tính trầm tích khác nhau. Vùng trầm tích trẻ có thời gian hình thành là 670 năm, đây là vùng gần sông Hồng, tích lũy nhiều vật chất giàu hữu cơ được bồi đắp trong quá trình ngập lụt. Vùng trầm tích già gần núi với thời gian hình thành lâu hơn, khoảng 3500 năm, hàm lượng hữu cơ thấp. Chúng tôi sử dụng phương pháp chiết gồm các tác nhân:  $\text{NaHCO}_3$  0,5M,  $\text{HCOOH}$  0,5M, hỗn hợp ascorbic 0,1M và  $\text{NH}_4$ -oxalate 0,2M,  $\text{HNO}_3$  65% với lực chiết tăng dần để chiết As từ các pha khoáng sắt khác nhau trong trầm tích. Kết quả cho thấy tổng hàm lượng As trong trầm tích trẻ là 86,5 nmol/g, trong đó As liên kết trên khoáng ôxit sắt tinh thể chiếm đa số với 77%, As liên kết trên khoáng sunfua bền vững chỉ chiếm 7%. Trầm tích già chứa hàm lượng As ít hơn (17,3 nmol/g) và chỉ có 4% As liên kết trên khoáng ôxit sắt tinh thể, trong khi đó As liên kết trên khoáng sunfua lên tới 81%. Đây chính là sự khác biệt giữa hai vùng nghiên cứu. Khi gặp điều kiện khử các khoáng ôxit sắt bị hòa tan, sẽ kéo theo sự đồng hòa tan As trên các khoáng đó. Điều này giải thích tại sao nước ngầm khu vực trầm tích trẻ chứa hàm lượng As cao, trung bình là 2,2  $\mu\text{M}$  (165  $\mu\text{g/L}$ ), trong khi đó nước ngầm khu vực trầm tích già có hàm lượng As thấp hơn nhiều, trung bình là 0,6  $\mu\text{M}$  (45  $\mu\text{g/L}$ ).

### 1. Mở đầu

Ô nhiễm asen (As) trong nước ngầm đã và đang đe dọa tới sức khỏe của hàng triệu người dân ở nhiều quốc gia trên thế giới. Hàm lượng As cao được tìm thấy ở hầu hết các vùng đồng bằng châu thổ phù sa như ở Băng-la-đét, Tây Bengal và nhiều khu vực khác với nồng độ vượt

quá 200  $\mu\text{g/L}$  (2,7  $\mu\text{M}$ ) [1-3]. Tại lưu vực đồng bằng châu thổ sông Hồng, Việt Nam ước tính có khoảng 11 triệu người dân bị phơi nhiễm do sử dụng nguồn nước uống có hàm lượng As vượt mức cho phép của tổ chức WHO là 10  $\mu\text{g/L}$  [4, 5]. Nhiều nhóm tác giả đã đưa ra các giả thuyết nhằm giải thích sự hình thành As cao trong nước ngầm [2, 5]. Giả thiết được chấp nhận rộng rãi cho rằng sự phân hủy hợp chất hữu cơ hình thành môi trường khử khiến các khoáng Fe (III) bị khử về Fe (II) dễ hòa tan.

\* Tác giả liên hệ. ĐT: 84-985182105.  
E-mail: trangnguyen1205@gmail.com

Quá trình này làm cho asen vốn hấp phụ trên khoáng sắt cũng bị đồng hòa tan.

Một số nghiên cứu cho thấy khoáng sắt thường có nhiều As. Các khoáng sắt phổ biến chứa As gồm: sắt dễ hòa tan ( $\text{FeCO}_3$ ,  $\text{Fe}_2(\text{PO}_4)_3$ ), ôxit sắt ở dạng vô định hình và dạng tinh thể ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), hoặc khoáng sunfua bền vững ( $\text{FeS}$ ,  $\text{FeAsS}$ ,  $\text{As}_2\text{S}_3$ ) [1, 2, 6]. Nghiên cứu tại Băng-la-đét, Swartz và cộng sự đã xác định trong trầm tích khử tổng lượng sắt trung bình là  $400 \mu\text{mol/g}$  với 10 – 30% là dạng sắt dễ hòa tan, ôxit sắt vô định hình và tinh thể, 15 – 50% sắt ở dạng khoáng sunfua bền vững, hàm lượng asen trung bình là  $25 \text{ nmol/g}$  với 20–50% asen liên kết với khoáng sắt ở 3 dạng đầu tiên, 10–40% lượng asen liên kết với khoáng sunfua [1].

Các nghiên cứu khác cũng đưa ra bằng chứng cho rằng trầm tích trẻ thường có hàm lượng As cao hơn trầm tích già [5, 7]. Trầm tích trẻ chứa nhiều vật chất hữu cơ, nên điều kiện khử dễ hình thành hơn, dẫn đến các khoáng sắt dễ bị hòa tan và giải phóng As vào nước ngầm. Nghiên cứu tại Nam Dư, Hoàng Mai, Hà Nội, Norrman và cộng sự tìm thấy trong trầm tích trẻ Holocene tại một chum giếng khoan có hàm lượng As từ  $40 - 133 \mu\text{mol/g}$ , trong trầm tích già Pleistocene hàm lượng As khoảng  $50 - 90 \mu\text{mol/g}$ . Nước ngầm tầng Pleistocene có hàm lượng As là  $0,7 \mu\text{M}$ . Hàm lượng này nhỏ hơn rất nhiều so với trầm tích trẻ là  $3,3 \mu\text{M}$  [7].

Vậy trầm tích trẻ liệu có nguy cơ gây ô nhiễm As nhiều hơn trầm tích già hay không? Và hàm lượng As trong trầm tích có liên quan đến hàm lượng As trong nước ngầm hay không?

Mục tiêu của nghiên cứu này là tìm hiểu sự phân bố As trong trầm tích và nước ngầm ở hai khu vực có tuổi trầm tích khác nhau. Kết quả thu được sẽ góp một phần vào việc lý giải nguyên nhân tại sao một số khu vực nước ngầm có hàm lượng As cao, trong khi đó một số khu vực khác lại có hàm lượng As thấp hơn.

## 2. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Đối tượng nghiên cứu

Hai địa điểm được lựa chọn cho mục đích nghiên cứu gồm: bãi giếng thuộc xã Vân Cốc, huyện Đan Phượng, Hà Nội là khu vực bãi bồi có vị trí thấp, trũng. Khu vực này có lượng phù sa lớn được bồi đắp hàng năm. Đây là nơi đại diện cho vùng trầm tích trẻ ven sông với thời gian hình thành khoảng 670 năm. Bãi giếng thuộc xã Phú Kim, huyện Thạch Thất, Hà Nội là điểm đại diện cho vùng trầm tích xa sông, đây là khu vực có trầm tích già hơn với thời gian hình thành khoảng 5900 năm [4].

Mẫu trầm tích được lấy và sau đó bảo quản ở nhiệt độ  $-20^\circ\text{C}$  đến khi phân tích. Mẫu nước ngầm để phân tích một số thành phần hóa học được lọc qua màng cellulose acetate  $0,2 \mu\text{m}$ , đựng vào lọ polyethylene, axit hóa tới  $\text{pH} < 2$  bằng axit  $\text{HNO}_3$  65%, sau đó được chuyển về phòng thí nghiệm và bảo quản ở nhiệt độ  $4^\circ\text{C}$ . Mẫu phân tích As (III) và As (V) được tách ra khỏi nhau bằng cột trao đổi ion có chứa alumino silicat.

Bảng 1. Đặc điểm vị trí lấy mẫu (độ sâu so với mực nước biển, m)

Đặc điểm	Số lượng mẫu trầm tích	Độ sâu	Số lượng mẫu nước ngầm	Độ sâu
Trầm tích trẻ	1	-0,51	18	-11,5 -5,0
Trầm tích già	1	0,49	12	-6,9- 3,7

### 2.2. Phương pháp chiết sắt và asen từ mẫu trầm tích

Nghiên cứu đã sử dụng quy trình chiết của Wenzel [6] nhưng có một số cải tiến nhằm phù hợp với đặc tính của trầm tích và chọn lọc đối với các dạng liên kết của As trên các pha khoáng sắt. Các dịch chiết gồm: dung dịch  $\text{NaHCO}_3$  0,5M dùng để chiết các dạng asen liên

kết yếu trên bề mặt trầm tích, thực nghiệm được tiến hành dựa theo lý thuyết về khả năng cạnh tranh vị trí hấp phụ của  $\text{HCO}_3^-$  với  $\text{AsO}_3^{3-}$  [8]. Dung dịch  $\text{HCOOH}$  0,5M được điều chỉnh bằng  $\text{NaOH}$  tới  $\text{pH} = 3$ . Dung dịch này có độ đệm tốt,  $\text{pH}$  được giữ ổn định trong quá trình chiết mẫu, và được dùng chiết các dạng arsen liên kết với khoáng sắt dễ hòa tan. Hỗn hợp axit ascorbic 0,1M +  $\text{NH}_4$  - oxalate 0,2M đóng vai trò là chất tạo phức và là tác nhân khử hòa tan các pha ôxit sắt tinh thể vốn có độ bền cao, tác nhân này dùng để chiết các dạng As liên kết chặt trên các khoáng sắt tinh thể.  $\text{HNO}_3$  65% chiết chọn lọc dạng arsen liên kết trong khoáng sunfua bền vững. Các thông số chiết được trình bày như ở bảng 2.

Trong mỗi thí nghiệm chiết, mẫu trầm tích được rửa đông, nghiền nhỏ, trộn đều. Khoảng 8 g trầm tích được trộn với 80 ml dịch chiết trong lọ thủy tinh có nút cao su dày đảm bảo không cho không khí khuếch tán qua. Toàn bộ quá trình chuẩn bị mẫu chiết được thao tác trong hệ thống kín (glove box) nhằm không tiếp xúc với ôxy, đảm bảo trạng thái yếm khí như dưới lòng đất. Các lọ chiết mẫu đã đóng kín được đặt trong máy lắc 6 giờ (250 vòng/phút), nhiệt độ  $25^\circ\text{C}$ . Riêng thí nghiệm hòa tan khoáng sunfua được thực hiện trong lò vi sóng với axit  $\text{HNO}_3$  65%. Các dịch chiết trầm tích được lấy ra khỏi các lọ thí nghiệm, lọc và bảo quản tương tự như với mẫu nước ngầm, sau đó xác định hàm lượng sắt, arsen từ các dịch chiết thu được.

Bảng 2. Các dịch chiết sắt và arsen ở các phân đoạn khác nhau

Bước	Pha khoáng sắt được chiết	Dịch chiết	pH
1	Pha liên kết yếu trên bề mặt	$\text{NaHCO}_3$ 0,5M	8,5
2	Pha sắt dễ hòa tan	$\text{HCOOH}$ 0,5M axit ascorbic	3
3	Pha sắt ôxit tinh thể	0,1M + $\text{NH}_4$ - oxalate 0,2M	3
4	Pha sắt sunfua	$\text{HNO}_3$ 65%, d= 1,4 g/mL	

### 2.3. Phương pháp phân tích hàm lượng sắt, arsen trong dịch chiết và trong nước ngầm

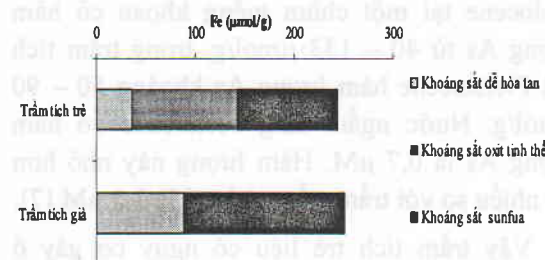
Hàm lượng  $\text{Fe}^{2+}$  trong dịch chiết và trong nước ngầm được phân tích ngay sau khi lấy mẫu bằng thuốc thử Ferrozine, sử dụng thiết bị UV-VIS DR/2010 (Hach). Thành phần Fe tổng được xác định bằng phương pháp quang phổ hấp thụ nguyên tử sử dụng thiết bị AA-6800 (Shimadzu). As (III) và As tổng được xác định bằng thiết bị AA-6800 kết hợp với bộ tạo khí hydrua HVG [9].

Giới hạn định lượng của phương pháp UV-VIS đối với phân tích  $\text{Fe}^{2+}$  là 0,1 mg/L, và xác định trên thiết bị AA-6800 đối với phân tích Fe tổng là 0,1 mg/L, As là 0,5  $\mu\text{g/L}$ .

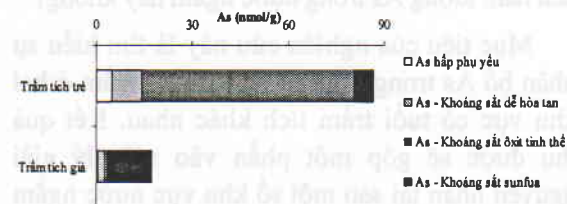
## 3. Kết quả và thảo luận

### 3.1. Phân bố arsen trong các pha khoáng sắt trên hai loại trầm tích

Hàm lượng sắt và arsen trong các mẫu trầm tích thu được từ phép chiết được trình bày trong hình 1 và hình 2.



Hình 1. Hàm lượng sắt tổng trên các pha trong trầm tích.



Hình 2. Hàm lượng arsen tổng trên các pha khoáng sắt trong trầm tích.

Hình trên cho thấy hàm lượng sắt tổng ở cả hai loại trầm tích là tương đương nhau. Tuy nhiên ở trầm tích trẻ khoáng ôxit sắt tinh thể chiếm 44% lượng sắt tổng (243,9  $\mu\text{mol/g}$ ). Trong khi đó ở trầm tích già khoáng sunfua chiếm ưu thế khoảng 65% sắt tổng (203,2  $\mu\text{mol/g}$ ) và không chứa dạng ôxit sắt tinh thể. Nguyên nhân có thể do trầm tích già tiếp xúc với dòng chảy của nước ngầm với thời gian lâu hơn so với trầm tích trẻ nên dạng ôxit sắt chứa As trong tầng chứa nước già đã bị khử hòa tan và bị rửa trôi. Ngoài ra nước ngầm thường giàu cacbonat bão hòa cũng dẫn đến xuất hiện kết tủa siderite ( $\text{FeCO}_3$ ) [4]. Đây có thể là lý do khiến trầm tích già có hàm lượng khoáng sắt dễ hòa tan ( $\text{FeCO}_3$ ) cao hơn so với trầm tích trẻ và không có khoáng ôxit sắt tinh thể.

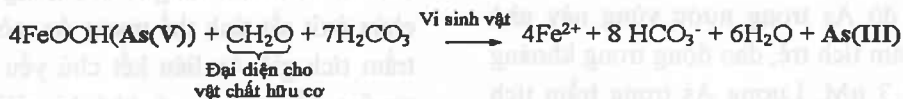
Kết quả nghiên cứu cho thấy tại khu vực trầm tích trẻ hàm lượng As liên kết với ôxit sắt tinh thể là chủ yếu, chiếm 77% hàm lượng As tổng (86,5  $\text{nmol/g}$ ). So sánh với trầm tích già, As tổng chiết được nhỏ hơn rất nhiều khoảng 17,3  $\text{nmol/g}$ . Ở trầm tích già, As liên kết trên khoáng sắt sunfua bền vững là chủ yếu (chiếm 81%). Các kết quả này của nhóm chúng tôi khá tương đồng với nghiên cứu của Norrman và cộng sự tại Vạn Phúc, Hà Nội. Norrman xác định được hàm lượng sắt tổng trung bình trong trầm tích trẻ Holocene là 500  $\mu\text{mol/g}$ , dạng ôxit sắt, và mangan chiếm từ 20 – 40%. Trầm tích già Pleistocene có hàm lượng sắt tương đương

khoảng 460  $\mu\text{mol/g}$  với pha sunfua chiếm ưu thế khoảng 30%, còn lại là các pha rắn khó tan khác. Pha sắt ôxit chỉ xuất hiện ở giữa tầng phân cách Holocene và Pleistocene, xuống sâu hơn, không thấy xuất hiện pha ôxit sắt trong trầm tích [7].

Hình 2 cho thấy As tổng trong trầm tích trẻ cao gấp 4 lần so với trầm tích già và sắt ôxit tinh thể là dạng khoáng chứa nhiều arsen. Các tác giả cho rằng quá trình già hóa khoáng khiến diện tích bề mặt bị thay đổi sẽ kéo theo sự giải phóng As vào nước ngầm [2, 10]. Ngoài ra, trầm tích trẻ chứa nhiều chất hữu cơ nên điều kiện khử dễ hình thành hơn và pha ôxit sắt tinh thể sẽ bị khử hòa tan kéo theo quá trình giải phóng As vào nước ngầm [10]. Đây cũng là giả thuyết cho quá trình ô nhiễm arsen tại các khu vực đồng bằng phù sa có tính khử cao.

### 3.2. Kết quả minh họa cho điều kiện khử của nước ngầm và mối liên quan với trầm tích

Hình 3 thể hiện sự phân bố của một số thành phần oxi hóa khử chính trong nước ngầm. Đặc điểm chung của các tầng nước mang tính khử là sự tham gia của nhiều chất nhận electron khác nhau, sau sự khử của oxy hòa tan là sự khử nitrat, mangan ôxit, tiếp theo là sự khử sắt và sunfat. Cuối cùng là sự lên men vật chất hữu cơ dẫn đến tạo sản phẩm  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{HCO}_3^-$  vào nước ngầm. Cơ chế giả thiết cho sự giải phóng arsen trong môi trường khử diễn ra như sau:

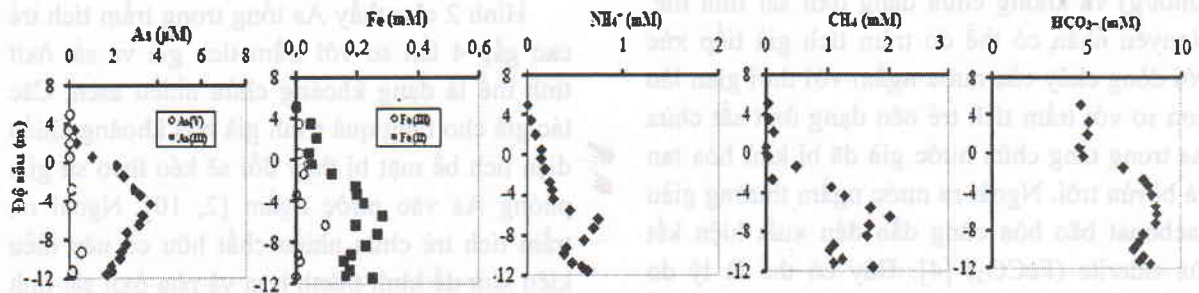


Kết quả về hàm lượng Fe, As trong nước ngầm tại 2 vị trí nghiên cứu cũng được trình bày trong hình 3. Ở khu vực trầm tích trẻ, Fe (II) dạng khử chiếm 90%, As (III) chiếm 95%. Hàm lượng Fe trong nước ở khu vực này cao,

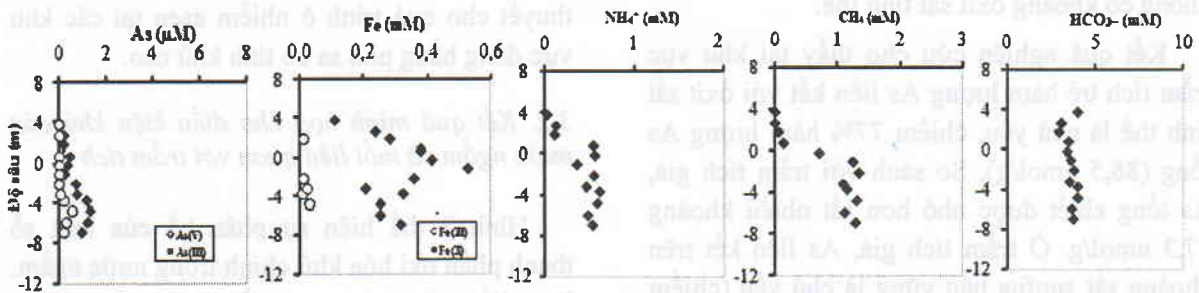
khoảng 170  $\mu\text{M}$  (3 – 290  $\mu\text{M}$ ). Tầng nông nhất là nơi ít khử nhất nên có ít As, hàm lượng As tăng lên khi nước càng mang tính khử, đạt cực đại 3,7  $\mu\text{M}$  (275  $\mu\text{g/L}$ ) và giảm dần khi càng xuống sâu. Kết quả cũng cho thấy nồng độ As

(III),  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{HCO}_3^-$  tăng đồng thuận với nồng độ Fe (II) trong dung dịch nước. Hàm lượng As trong trầm tích trẻ ở khu vực này được tìm thấy là 86,5 nmol/g, cao hơn rất nhiều so với hàm lượng As được tìm thấy tại Băng-la-

đét của nhóm tác giả Swartz là 25 nmol/g [1]. Một nghiên cứu khác của nhóm xác định được lượng As trong trầm tích tại xã Trung Châu, Huyện Đan Phượng là 130 nmol/g [4].



3A. Nước ngầm khu vực trầm tích trẻ (670 tuổi).



3B. Nước ngầm khu vực trầm tích già (3500 tuổi).

Hình 3. Sự phân bố một số thành phần hóa học trong nước ngầm tại khu vực nghiên cứu.

Điều kiện khử cũng xảy ra tương tự tại khu vực trầm tích già. Các đại lượng đặc trưng cho môi trường khử đều tăng đồng thuận với Fe (II). Nước ngầm ở khu vực trầm tích già có nồng độ Fe tổng cao gấp 2 lần so với trầm tích trẻ. Tuy nhiên, nồng độ As trong nước vùng này nhỏ hơn so với trầm tích trẻ, dao động trong khoảng hẹp 0,04 – 1,3 µM. Lượng As trong trầm tích già thấp hơn so với trầm tích trẻ, nồng độ khoảng 17,3 nmol/g.

Như vậy, điều kiện khử đều xảy ra ở cả hai tầng trầm tích chứa nước. Tuy nhiên nguồn cung cấp As linh động không có ở trong trầm tích già mà chỉ có trong trầm tích trẻ. Quá trình

khử hòa tan ôxit sắt trong trầm tích trẻ có thể là nguyên nhân chính giải phóng As cao trong nước ngầm [1, 2, 4, 11].

Vùng ô nhiễm As và vùng không ô nhiễm As đều có môi trường khử. Nhưng trầm tích trẻ chứa ôxit sắt tinh thể mang As, còn ở khu vực trầm tích già As liên kết chủ yếu trên khoáng sunfua bền vững, và khó bị giải phóng vào nước ngầm. Vì thế mà nước ngầm ở khu vực trầm tích trẻ có nồng độ Fe cao, As cao. Còn ở khu vực trầm tích già mặc dù nước ngầm có nồng độ Fe cao, nhưng nồng độ As thấp. Như vậy các yếu tố để một tầng ngầm nước có As là: môi trường đó phải mang tính khử, có chứa các

dạng liên kết với As và dạng liên kết này phải chịu tác động của môi trường khử.

#### 4. Kết luận

Ở vùng trầm tích trẻ khoáng sắt ôxit tinh thể chứa nhiều As khi gặp điều kiện khử mạnh sẽ bị khử hòa tan đồng thời giải phóng As ra môi trường nước ngầm. Hàm lượng As trong trầm tích ở khu vực này là 86,5 nmol/g, hàm lượng As trung bình được tìm thấy trong tầng chứa nước này cũng khá cao, khoảng 2,2  $\mu\text{M}$ . Ở vùng trầm tích già hàm lượng As là 17,3 nmol/g, As trong nước chiếm 0,6  $\mu\text{M}$ . Ở khu vực này, môi trường khử xảy ra nhưng không có dạng ôxit sắt tinh thể mang As nên môi trường nước có ít As.

#### Lời cảm ơn

Nghiên cứu được thực hiện với sự hỗ trợ kinh phí từ dự án hợp tác quốc tế VietAs – DANIDA.

#### Tài liệu tham khảo

- [1] Christopher H.Swartz, Nicole Keon Blute, Borhan Badruzzman, Ashraf All, Daniel Brabander, Jenny Jay, James Besancon, Shafiqul Islam, Harold F.Hemond, and Charles F.Harvey. "Mobility of arsenic in a Bangladesh aquifer: Inferences from geochemical data, and mineralogical characterization". *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol. 68, No. 22 (2004).
- [2] Hanne D. Pedersen, Dieke Postma, Rasmus Jakobsen, "Release of arsenic associated with the reduction and transformation of iron ox". *Geochimica et Cosmochimica Acta* 70 (2006) 4116.
- [3] Postma D., Larsen F., Nguyen T.M. Hue, Mai T.Duc, Pham H. Viet, Pham Q.Nhan, Jessen S. "Arsenic in groundwater of the Red River floodplain, Vietnam: Controlling geochemical processes and reactive transport modelin" *g. Geochimica et Cosmochimica Acta* 71 (2007) 5054.
- [4] Dieke Postma, Flemming Larsen, Nguyen Thi Thai, Pham Thi Kim Trang, Rasmus Jakobsen, Pham Quy Nhan, Tran Vu Long, Pham Hung Viet and Andrew S. Murray, "Groundwater arsenic concentrations in Vietnam controlled by sediment age". *Nature Geoscience*, Published online: 5 August 2012 | DOI: 10.1038/NGEO1540.
- [5] Helen A.L. Rowland, Enoma O. Omoregie , Romain Millot, Cristina Jimenez, Jasmin Mertens d, Calin Baciu, Stephan J. Hug, Michael Berg, "Geochemistry and arsenic behaviour in groundwater resources of the Pannonian Basin (Hungary and Romania)", *Applied Geochemistry* 26 (2011) 1.
- [6] Wenzel W.W., Kirchbaumer N., Prohaska T., Stinger G., Lombi E., Adriano D.C. "Arsenic fractionation in soils using an improved sequential extraction procedure". *Analytica Chimica Acta* 436 (2001) 309.
- [7] Jenny Norrman, Charlotte J. Sparrenbom, Michael Berg, Dang Duc Nhan, Pham Quy Nhan, Håkan Rosqvist, Gunnar Jacks, Emma Sigvardsson, David Baric, Johanna Moreskog, Peter Harms-Ringdahl, Nguyen Van Hoan, "Arsenic mobilisation in a new well field for drinking water production along the Red River, Nam Du, Hanoi", *Applied Geochemistry* 23 (2008) 3127.
- [8] Hossain, Junji Akai, Hiroshi Sakugawa, "Mobilization of arsenic from subsurface sediments by effect of bicarbonate ions in groundwater". *Chemosphere* 54 (2004) 753.
- [9] *Standard methods for the examination of water and wastewater (19th Edition)*, American Public Health Association (APHA), (1995).
- [10] Smedley P.L., Kinniburgh D.G., "A review of the source, behaviour and distribution of arsenic in natural waters", *Applied Geochemistry* 17 (2002) 517.
- [11] Scott Fendorf, Holly A. Michael, Alexander van Geen, "Spatial and Temporal Variations of Groundwater Arsenic in South and Southeast Asia". *Science* 328 (2010) 1123.

## Study of arsenic distribution in sediment and groundwater in the red river delta

Nguyen Thi Thu Trang<sup>1</sup>, Pham Thi Kim Trang<sup>1</sup>, Hoang Thi Tuoi<sup>1</sup>,  
Nguyen Thi Hoa Mai<sup>1</sup>, Nguyen Nhu Khue<sup>1</sup>, Cao Thi Mai Trang<sup>1</sup>,  
Vi Thi Mai Lan<sup>1</sup>, Pham Hung Viet<sup>1</sup>, Dieke Postma<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Research Centre for Environmental Technology and Sustainable Development, VNU University of Science,  
334 Nguyen Trai, Hanoi, Vietnam*

<sup>2</sup>*Geological Survey of Denmark and Greenland (GEUS)*

In this study, the distribution of arsenic (As) in sediment and groundwater was investigated in two sites characterized by different sediments. The young sediment site which is near the Red river is at the age of 670 years with rich organic matter deposited during flooding; the old one which is near mountain was approximately formed about 3500 years ago and had less organic matter. The sequential extraction procedure which used different extractants including NaHCO<sub>3</sub> 0.5M, HCOOH 0.5M, the mixture of ascorbic 0.1M and NH<sub>4</sub> – oxalate 0.2M, HNO<sub>3</sub> 65% was applied to extract As from different iron mineral phases in sediment. The results showed that the total content of As in young sediment was 86.5 nmol/g in which As bound on crystalline iron oxide phase was predominant up to 77%, while only 7% of As content was found in stable sulfide mineral. Old sediment had lower As level (17.3 nmol/g), and only 4% of arsenic content was associated with crystalline iron hydrous oxide but its content in sulfide minerals was 81%. The difference between two study sites is proposed for the high As contamination found in groundwater in the young sediment site (165 µg/L in average) and less arsenic concentration in ground water collected at old sediment site (45 µg/L in average). This is due to the release of As during the reductive dissolution of As bearing iron oxide phases.