

Sự phân bố theo không gian của asen trong nước dưới đất ở khu vực tây bắc Hà Nội

Vũ Thị Duyên¹, Trần Thị Mai², Phạm Thị Kim Trang², Vi Mai Lan²,
Đào Mạnh Phú³, Phạm Hùng Việt^{1*}, Dieke Postma⁴

¹Phòng Thí nghiệm Trọng điểm Công nghệ phân tích phục vụ kiểm định môi trường và an toàn thực phẩm (KLATEFOS),

Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội

²Trung tâm Nghiên cứu Công nghệ Môi trường và Phát triển bền vững (CETASD), Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội

³Trung tâm Quan trắc Môi trường, Bộ Tài nguyên và Môi trường

⁴Viện Khảo sát Địa chất Đan Mạch và Greenland (GEUS)

Ngày nhận bài 6/9/2021; ngày chuyển phản biện 10/9/2021; ngày nhận phản biện 12/10/2021; ngày chấp nhận đăng 18/10/2021

Tóm tắt:

Ô nhiễm asen (As) trong nước dưới đất thường được tìm thấy ở các vùng đồng bằng bồi tích thuộc lưu vực các con sông lớn, trong đó vùng Đồng bằng sông Hồng cũng được báo cáo bị ô nhiễm với nồng độ cao của As. Trong nghiên cứu này, nước dưới đất từ 50 giếng nhà dân được thu thập để nghiên cứu sự phân bố theo không gian của As ở khu vực tây bắc Hà Nội. Kết quả chỉ ra rằng, As trong nước dưới đất ở khu vực này nằm trong khoảng <5 đến 334 $\mu\text{g/l}$, trong đó có tới 62% số giếng nghiên cứu vượt quá tiêu chuẩn cho phép của Tổ chức Y tế thế giới (WHO) về nồng độ As trong nước uống (10 $\mu\text{g/l}$). As trong nước dưới đất ở khu vực nghiên cứu phân bố không đều theo không gian, tập trung ở một dải hẹp giữa sông Hồng và sông Đáy. Sự phân bố này của As được xác định có thể liên quan đến tuổi trầm tích, cùng sự xuất hiện xen kẽ các dải trầm tích có niên đại khác nhau, đồng thời cũng liên quan đến hướng dòng chảy nước dưới đất và sự xuất hiện của cửa sổ địa chất thủy văn trong khu vực nghiên cứu. Nguyên nhân cho sự có mặt của As với nồng độ cao trong khu vực nghiên cứu là do quá trình khử hòa tan các khoáng chứa As trong môi trường khử cùng sự có mặt của vật chất hữu cơ.

Từ khóa: nước dưới đất, ô nhiễm asen, phân bố theo không gian, tây bắc Hà Nội.

Chỉ số phân loại: 1.5

Đặt vấn đề

Nước dưới đất bị ô nhiễm bởi As vẫn là vấn đề môi trường được quan tâm dù đã được nghiên cứu trong hơn hai thập kỷ gần đây. As được biết đến như là một chất gây ung thư nổi tiếng, là “vua của các chất độc”, việc phơi nhiễm và hấp thụ As trong thời gian dài (5-10 năm) thông qua thực phẩm và đặc biệt là nước uống có thể dẫn đến nhiễm độc mạn tính và dẫn đến các bệnh như ung thư da, nội tạng (phổi, bàng quang, thận) [1]. Do độc tính của As tới sức khỏe con người kể cả ở liều lượng thấp, nên chất này nằm trong danh sách các nguyên tố cần kiểm tra khi đánh giá chất lượng nước, đặc biệt là nước ăn uống. WHO đã giới hạn nồng độ tiêu chuẩn của As trong nước ăn uống là 10 $\mu\text{g/l}$ [2].

Hiện trạng ô nhiễm As trong nước dưới đất đã được phát hiện và công bố ở khá nhiều nơi trên thế giới như Argentina, Mexico, Chile, Hungary... Trong đó, khu vực Nam Á và Đông Nam Á bao gồm các vùng đồng bằng ở Bangladesh, Ấn Độ (Tây Bengal) và Việt Nam là những khu vực điển hình của vấn đề ô nhiễm As trong nước dưới đất [1, 3, 4].

Trong số các quốc gia phát hiện thấy ô nhiễm As trong nước dưới đất thì vùng châu thổ thuộc Bangladesh và

Tây Bengal, Ấn Độ là có mức độ nghiêm trọng nhất [4]. Khoảng nồng độ As trong nước dưới đất ở những khu vực bị ảnh hưởng được báo cáo cho khu vực này biến đổi trong khoảng rộng từ <0,5 đến 3.200 $\mu\text{g/l}$. Trong đó, phía đông nam Bangladesh là nơi bị ảnh hưởng xấu nhất với một vài huyện có hơn 90% số giếng bị ô nhiễm [3]. Trong một báo cáo được công bố bởi Chowdhury và cs (2000) [5] cho thấy, nước dưới đất ở Tây Bengal, Ấn Độ và Bangladesh bị ô nhiễm As và dân số nằm trong vùng ảnh hưởng của hai khu vực này tương ứng là 42,7 và 79,9 triệu người. Trong đó có 9/18 huyện ở Tây Bengal có nồng độ As vượt quá 50 $\mu\text{g/l}$, còn ở Bangladesh con số này là 42/64 huyện [5].

Ở Việt Nam, nghiên cứu về ô nhiễm As ở vùng thuộc Đồng bằng sông Hồng lần đầu tiên được công bố vào năm 2001 bởi Berg và cs [4]. Nghiên cứu này chỉ ra rằng, các tầng chứa nước ở Đồng bằng sông Hồng bị ô nhiễm bởi As với nồng độ lên tới hơn 3.000 $\mu\text{g/l}$, trong đó nước dưới đất tầng nông ở Hà Nội có nồng độ As trong khoảng 240-320 $\mu\text{g/l}$ [4]. Một loạt các nghiên cứu về As trong nước dưới đất đã được thực hiện ở Hà Nội và toàn khu vực Đồng bằng sông Hồng [6-9]. Một khảo sát trên diện rộng đối với toàn bộ vùng Đồng bằng sông Hồng được công bố vào năm 2011

*Tác giả liên hệ: Email: vietph@vnu.edu.vn

Spatial distribution of arsenic in groundwater in the northwestern Hanoi

Thi Duyen Vu¹, Thi Mai Tran², Thi Kim Trang Pham²,
Mai Lan Vi², Manh Phu Dao³, Hung Viet Pham^{1*},
Dieke Postma⁴

¹Key Laboratory of Analytical Technology for Environmental Quality and Food Safety Control (KLATEFOS), University of Science, Vietnam National University, Hanoi

²Research Centre for Environmental Technology and Sustainable Development (CETASD), University of Science, Vietnam National University, Hanoi

³Centre for Environmental Monitoring, Ministry of Natural Resources and Environment

⁴Geological Survey of Denmark and Greenland (GEUS), Denmark

Received 6 September 2021; accepted 18 October 2021

Abstract:

Arsenic contamination in groundwater is commonly found in alluvial plains of major river basins, in which the Red river delta has also been reported to be contaminated with high levels of arsenic. In this study, groundwater from 50 household wells was collected to study the spatial distribution of arsenic in northwestern Hanoi. The results showed that arsenic concentration in groundwater varied in a wide range of less than 5 to 334 $\mu\text{g/l}$, of which up 62% of the wells exceeded the WHO guideline value of 10 $\mu\text{g/l}$ for arsenic content in drinking water. Arsenic groundwater in this area is unevenly distributed throughout the area, high arsenic concentrations are found in a narrow band between Red river and Day river. This pattern of arsenic distribution is strongly related to the sediment age, sedimentary processes, and it is also modified by local groundwater flow parts and the occurrence of hydraulic connection between aquifers, which are observed in the study area. Arsenic is released into the groundwater during the reductive dissolution of arsenic-bearing minerals under the presence of organic matter.

Keywords: arsenic contamination, groundwater, northwestern Hanoi, spatial distribution.

Classification number: 1.5

bởi Winkel và cs [8] cho thấy, khoảng 27% số giếng có nồng độ As vượt quá tiêu chuẩn của WHO. Nghiên cứu này còn chỉ ra các giếng có nồng độ As cao tập trung chủ yếu ở các khu vực đông dân cư dọc theo sông Hồng như Hà Nội, Hà Nam, Nam Định, Hưng Yên, Thái Bình [8]. Không chỉ vùng Đồng bằng sông Hồng, nước dưới đất tại vùng Đồng bằng sông Mê Kông cũng được báo cáo bị ô nhiễm với As. Nghiên cứu của Berg và cs (2007) [10] cho thấy, trong 112 mẫu nước dưới đất ở 2 tỉnh An Giang và Đồng Tháp có nồng độ As trong khoảng <1 đến 845 $\mu\text{g/l}$ [10]. Tuy nhiên, mức độ ô nhiễm ở vùng Đồng bằng sông Hồng là nghiêm trọng hơn.

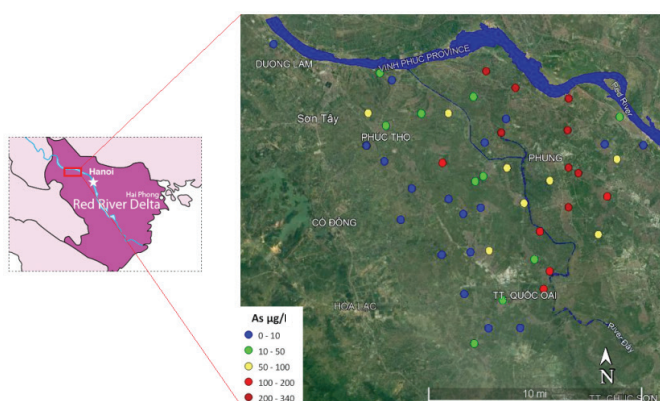
Mặc dù vấn đề ô nhiễm As đã được nghiên cứu trong hơn 2 thập kỷ qua, nhưng vẫn còn nhiều câu hỏi chưa được giải đáp. Các giả thuyết đã được đưa ra về nguyên nhân sự có mặt của As trong nước dưới đất chưa hoàn toàn phù hợp với tất cả các tầng chứa nước bị ô nhiễm As [6, 11]. Ngoài ra, các hoạt động do con người gây ra (khai thác nước, các hoạt động nông nghiệp, công nghiệp, xây dựng, đô thị hóa...) có thể ảnh hưởng và gây ra những tác động nhất định đến sự có mặt, giải phóng và phân bố As trong nước dưới đất vẫn chưa được nghiên cứu kỹ.

Nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá hiện trạng ô nhiễm As trong nước dưới đất cũng như sự phân bố của As trong nước dưới đất theo không gian ở khu vực nhỏ thuộc vùng thượng lưu Đồng bằng sông Hồng ở phía tây bắc cách trung tâm Hà Nội khoảng 30 km. Đồng thời, góp phần vào việc tìm hiểu nguyên nhân gây ô nhiễm As ở khu vực này từ mối liên quan giữa As và các thành phần hóa học khác trong nước dưới đất.

Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu nằm ở thượng nguồn vùng Đồng bằng sông Hồng, phía tây bắc Hà Nội, giữa núi Ba Vì và bờ phải sông Hồng và một phần thượng nguồn sông Đáy (hình 1). Đây là khu vực có địa hình thấp dần từ tây bắc xuống đông nam do tiếp giáp với khu vực có núi cao ở phía đông bắc và tây bắc, đồng thời tiếp giáp với khu vực địa hình bằng phẳng ở phía đông nam. Khu vực nghiên cứu có hệ thống thủy địa hóa khá phức tạp với sự xuất hiện của những dải trầm tích phù sa già bị xói mòn nằm xen kẽ giữa dải trầm tích trẻ bao phủ bởi cát và sét lắng đọng [12, 13]. Ngoài ra, khu vực này có mật độ dân số không quá cao so với khu vực nội thành, đồng thời ít xảy ra các hoạt động khai thác nước dưới đất cho tưới tiêu nông nghiệp và sinh hoạt. Do đó, nước dưới đất ở khu vực này vẫn còn nguyên sơ, ít bị ảnh hưởng bởi các hoạt động của con người dẫn đến sự thay đổi các điều kiện tự nhiên của nước dưới đất và tầng chứa nước.



Hình 1. Địa điểm nghiên cứu và vị trí các giếng lấy mẫu nước dưới đất.

Lấy và bảo quản mẫu

Trong nghiên cứu này, tổng cộng 50 mẫu nước dưới đất từ các giếng nhà dân có độ sâu 12-80 m được thu thập trong tháng 4/2014 trên một vùng tam giác rộng 350 km² thuộc thượng lưu Đồng bằng sông Hồng ở phía tây bắc Hà Nội (gồm các huyện Ba Vì, Phúc Thọ, Thạch Thất, Đan Phượng, Quốc Oai, Hoài Đức), với mật độ 7 km²/mẫu.

Việc lấy và bảo quản mẫu cho các phân tích anion và cation được thực hiện theo [14]. Cần nói thêm rằng, các mẫu cho phân tích anion và cation đều được đựng trong lọ nhựa polypropylene (PP) đã được làm sạch trước đó ở phòng thí nghiệm. Các điện cực dùng trong xác định các thông số hiện trường như nhiệt độ, pH, độ dẫn điện (EC) và nồng độ oxy hòa tan (DO) (HQ40d, Hach và Mettler-Toledo) đều được hiệu chuẩn và kiểm tra độ chính xác với các dung dịch đệm tương ứng trước khi thực hiện lấy mẫu hàng ngày. Các mẫu sau khi lấy được giữ lạnh trực tiếp tại hiện trường và bảo quản trong tủ lạnh ở 4°C trong phòng thí nghiệm cho tới khi phân tích.

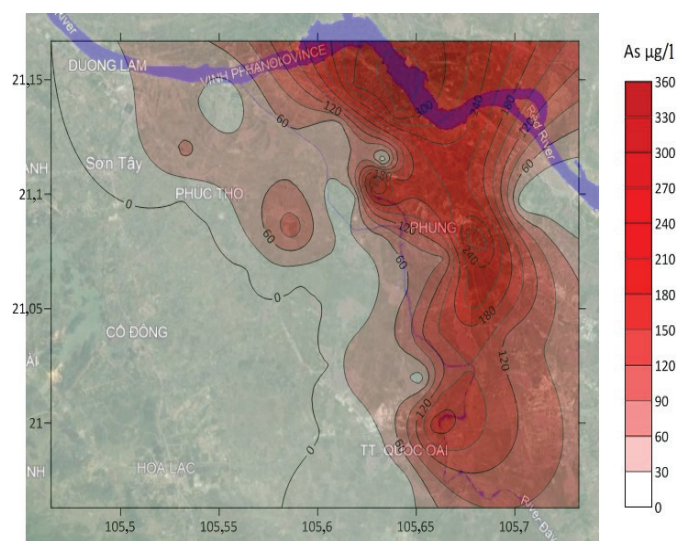
Phân tích mẫu

Các mẫu nước dưới đất sau khi đem về được bảo quản trong tủ lạnh ở phòng thí nghiệm và phân tích các cation như As, Fe, Mn bằng AAS; các anion như SO₄²⁻, NO₃⁻, Cl⁻ bằng sắc ký ion và các ion NH₄⁺ và PO₄³⁻ bằng UV ngay sau đó. Các phương pháp và công cụ phân tích được sử dụng trong nghiên cứu này đã được mô tả chi tiết trong công bố trước đó [14]. Ngoài ra, các mẫu kiểm chứng gồm dung dịch đa anion PIA (Shimadzu), các mẫu kiểm chứng nội bộ ARS (chứng nhận về nồng độ các ion tham chiếu được cung cấp bởi Viện Khoa học Công nghệ nước Thụy Sĩ) luôn được đo kèm trong quá trình phân tích mẫu thật với độ thu hồi của các thông số nằm trong khoảng 90-110% và độ lệch chuẩn tương đối (RSD, %) của 3 lần đo lặp mẫu luôn nhỏ hơn 5%.

Kết quả và thảo luận

Nồng độ As tổng trong nước dưới đất ở khu vực nghiên cứu nằm trong khoảng <5 đến 334 µg/l. Trong đó, có tới

62% số giếng (31/50 giếng) có nồng độ As vượt quá tiêu chuẩn về nồng độ cho phép của As trong nước ăn uống theo tiêu chuẩn của WHO và Bộ Y tế là 10 µg/l. Nếu xét theo tiêu chuẩn của WHO và cả tiêu chuẩn của Bộ Tài nguyên và Môi trường về chất lượng nước dưới đất đối với As là 50 µg/l thì vẫn có tới 42% số giếng (21/50 giếng) vượt quá tiêu chuẩn này [2, 15, 16]. Ngoài tiêu chuẩn về As, nước dưới đất tại khu vực này còn vượt quá tiêu chuẩn cho phép về nồng độ Fe, Mn và ammonium của Bộ Y tế đối với nước uống. Cụ thể, có tới 74% (37/50 giếng), 44% (22/50 giếng) và 48% (24/50 giếng) số giếng vượt quá các tiêu chuẩn này. Do đó, hầu hết nước dưới đất từ các giếng đã được thu thập trong khu vực nghiên cứu là không phù hợp cho mục đích ăn uống.

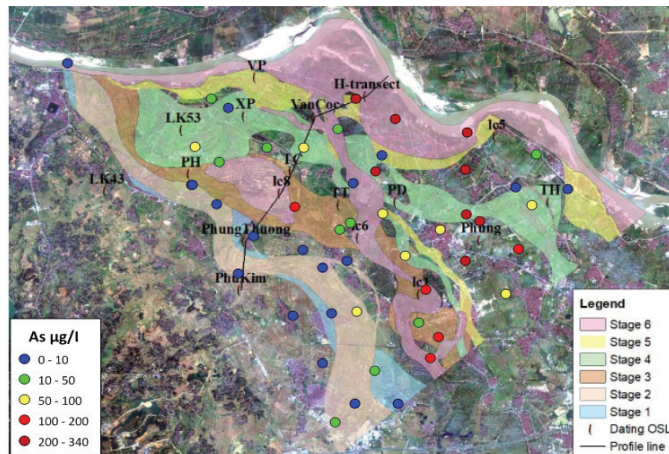


Hình 2. Sự phân bố As trong nước dưới đất tại khu vực nghiên cứu theo không gian.

Về sự phân bố As theo không gian, từ hình 2 có thể thấy As trong nước dưới đất ở khu vực này phân bố chủ yếu theo một dải hẹp ở vùng giữa sông Hồng và sông Đáy, đặc biệt giếng có nồng độ As cao nhất được tìm thấy ở gần khúc quanh của sông Hồng. Mặc dù mẫu nước này được thu thập từ các giếng khoan có độ sâu trong khoảng 12-80 m, nhưng các kết quả tìm được không cho thấy bất cứ một quy luật nào trong mối liên hệ giữa nồng độ As và độ sâu.

Một mô hình tương tự về sự phân bố As trong nước dưới đất theo không gian cũng được báo cáo trong một nghiên cứu của Dao Viet Nga và cs (2017) [11]. Trong công bố này, kết quả nghiên cứu về sự phân bố As theo không gian ở các chùm giếng thuộc 4 điểm khác nhau trong một mặt cắt cũng ở phía tây bắc Hà Nội cho thấy, càng gần sông Hồng thì nồng độ As trong nước dưới đất càng cao và ngược lại những giếng xa sông Hồng thường có nồng độ As thấp hơn. Cũng trong nghiên cứu này, kết quả còn cho thấy ở những điểm gần sông thì nồng độ As tăng theo độ sâu, tức là càng xuống sâu thì nồng độ As càng cao.

Trong công bố năm 2012 của Postma và cs [17] và năm 2018 của Sơ và cs [18], về sự phân bố theo không gian của As trong nước dưới đất dọc theo 4 điểm thuộc một mặt cắt gần khu vực nghiên cứu cho thấy, tuổi của trầm tích là yếu tố quyết định nồng độ As trong nước dưới đất. Cụ thể, theo các nghiên cứu này, nơi nào có trầm tích tuổi càng trẻ thì nồng độ As trong nước dưới đất ở nơi đó càng cao và ngược lại.



Hình 3. Sự xen kẽ các dải trầm tích có tuổi địa chất khác nhau và mối tương quan với nồng độ As trong nước dưới đất (tham khảo và bổ sung từ Dang Tran Trung và cs (2020) [13]).

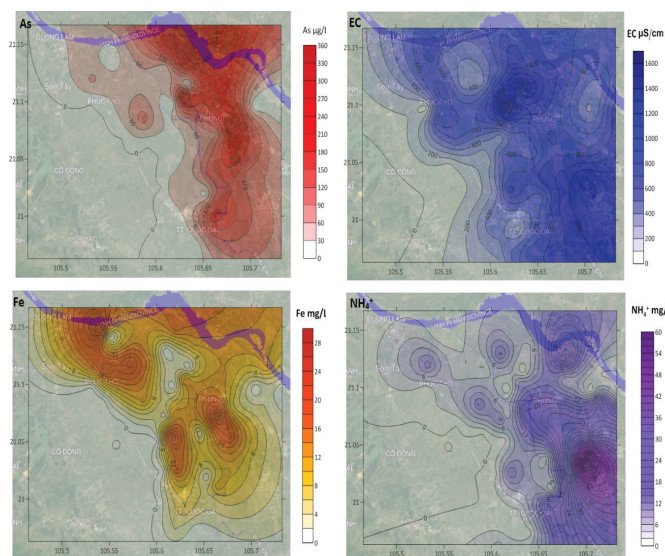
Dựa trên nghiên cứu về sự phát triển địa chất thủy văn vùng Đồng bằng sông Hồng thì ở khu vực nghiên cứu có sự xen kẽ của những dải trầm tích có độ tuổi khác nhau, do quá trình bồi tụ và xói mòn phức tạp (hình 3). Theo đó, trầm tích ở khu vực nghiên cứu được chia thành 6 giai đoạn, trong đó trầm tích thuộc giai đoạn sớm nhất (giai đoạn 1) có độ tuổi khoảng 5.900 năm; trầm tích giai đoạn muộn nhất (giai đoạn 6) trong quá trình hình thành có độ tuổi ít hơn 1.000 năm; trầm tích thuộc các giai đoạn còn lại có niên đại trong khoảng 3.500 năm [12, 13]. Từ các dải trầm tích với niên đại khác nhau này và nồng độ As trong các mẫu đã đo được ở khu vực nghiên cứu có thể thấy một kết quả tương tự như công bố của Postma và cs (2012) [17], đó là những giếng có nồng độ As cao thường được tìm thấy ở nơi có dải trầm tích trẻ (với niên đại nhỏ hơn 1.000 năm), ngược lại, các giếng có nồng độ As thấp thường tập trung ở vùng có dải trầm tích già. Qua đó có thể tái khẳng định rằng, tuổi của trầm tích là một trong những yếu tố quan trọng quyết định sự phân bố, hay nói cách khác là quyết định nồng độ As trong nước dưới đất.

Ngoài sự xen kẽ của các dải trầm tích có niên đại khác nhau, khu vực nghiên cứu còn xuất hiện 2 hệ thống dòng chảy khác nhau, một là từ nước dưới đất tầng nông về phía nước mặt và hướng còn lại là từ nước dưới đất tầng sâu đi vào sông Hồng. Ngoài ra, các cửa sổ địa chất thủy văn cũng xuất hiện ở vùng trung tâm của khu vực nghiên cứu do sự xói mòn trầm tích Pleistocene. Sự xuất hiện cửa sổ địa chất thủy văn này làm cho nước dưới đất tầng nông chảy về tầng chứa nước sâu hơn và sự thay đổi hướng dòng chảy của nước dưới đất tầng nông này thay đổi theo chu kỳ và lưu

lượng nước mưa hàng năm [12]. Điều này có thể giải thích tại sao ngoài các giếng tuân theo quy luật nồng độ As - niên đại trầm tích thì vẫn còn một số ngoại lệ, đó là một số giếng có nồng độ As cao nhưng trầm tích xung quanh lại có niên đại lớn (trầm tích già) và sự phân bố không theo quy luật của As và độ sâu như đã chỉ ra.

As là một nguyên tố thường được tìm thấy có mặt tự nhiên trong lớp vỏ của trái đất, đặc biệt nó thường tồn tại ở dạng hợp chất với nồng độ khá lớn trong các khoáng chất và các loại trầm tích [3]. Ở trạng thái tự nhiên, As là vô hại, tuy nhiên nếu As giải phóng ra nước hoặc đi vào chuỗi thức ăn thì nó có thể gây ảnh hưởng đến sức khỏe con người. Nguyên nhân về sự có mặt của As trong nước dưới đất được chấp nhận rộng rãi nhất bởi các nhà nghiên cứu đó là As được giải phóng ra từ trầm tích và đi vào nước dưới đất [6]. Trong đó, cơ chế giải phóng As thông qua quá trình khử hòa tan các khoáng chứa As ở điều kiện khử thường được báo cáo trong các nghiên cứu về ô nhiễm As trong nước dưới đất ở các vùng đồng bằng ngập lụt, như ở Việt Nam, Bangladesh, Tây Bengal (Ấn Độ) và một số nơi khác [3]. Qua đó có thể thấy, điều kiện khử của tầng chứa nước là một trong những điều kiện đóng vai trò quan trọng trong quá trình khởi động việc giải phóng As từ trầm tích ra nước dưới đất. Sự có mặt của vật chất hữu cơ thông qua quá trình bồi tụ nhanh chóng và chôn vùi trầm tích ở lưu vực sông lớn với các khúc quanh rộng kèm theo tải lượng trầm tích lớn, sẽ dẫn đến một loạt các phản ứng oxy hóa khử phức tạp xảy ra, làm cho nước dưới đất có tính khử. Điều kiện khử của nước dưới đất thường được thể hiện qua một số thông số như nồng độ thấp của oxy hòa tan (DO), SO_4^{2-} , NO_3^- , Eh kèm theo đó là nồng độ cao của Fe^{2+} , Mn^{2+} , có thể có NH_4^+ , H_2S và CH_4 , các chỉ số này được coi như chỉ thị cho môi trường khử của tầng chứa nước [19].

Mặc dù trong nghiên cứu này hàm lượng C hữu cơ hòa tan chưa được khảo sát, nhưng giá trị độ dẫn (EC) còn được coi là một chỉ thị gián tiếp cho hàm lượng vật chất hữu cơ trong trầm tích đã được ghi đo. Do nồng độ cao của vật chất hữu cơ sẽ dẫn đến quá trình phân hủy và giải phóng CO_2 vào nước dưới đất, CO_2 được sinh ra sẽ tham gia vào quá trình khử hòa tan các khoáng và do đó làm tăng giá trị EC [19]. Từ kết quả đo được tại hiện trường, giá trị EC của các giếng nghiên cứu nằm trong khoảng 43-1.573 $\mu\text{S}/\text{cm}$ và những giếng ở hai bên bờ sông Hồng và sông Đáy có giá trị EC cao hơn so với các giếng còn lại (hình 4). Qua đó cho thấy, lượng vật chất hữu cơ ở hai bên bờ sông Hồng và sông Đáy có vẻ cao hơn so với nơi khác trong khu vực nghiên cứu. Ngoài giá trị EC liên quan đến vật chất hữu cơ thì các chỉ thị khác, gồm nồng độ thấp của DO, NO_3^- , SO_4^{2-} , nồng độ cao của Fe, Mn, NH_4^+ cũng được thừa nhận ở khu vực nghiên cứu [14]. Cụ thể, DO biến động trong khoảng 0,4-4,3 mg/l, SO_4^{2-} < 0,5 đến 74,6 mg/l, NO_3^- < 0,5 đến 132,9 mg/l, Fe < 0,25 đến 32,2 mg/l, Mn < 0,1 đến 4,5 mg/l và NH_4^+ < 0,2 đến 59 mg/l. Đặc biệt, các giếng có nồng độ cao đối với Fe và NH_4^+ cũng tập trung chủ yếu ở dải giữa sông Hồng và sông Đáy (hình 4). Qua đó có thể thấy, As có mối tương



Hình 4. Bản đồ phân bố As, Fe và NH_4^+ trong nước dưới đất ở khu vực nghiên cứu (tham khảo và bổ sung từ Phạm Hùng Việt và cs [14]).

quan nghịch với SO_4^{2-} và NO_3^- và một phần nào đó tương quan thuận với Fe và NH_4^+ [14]. Từ các chỉ thị cho thấy, nước dưới đất ở khu vực nghiên cứu là có tính khử, kết hợp với mối tương quan thuận của As và Fe, NH_4^+ và EC có thể khẳng định lại rằng, As trong nước dưới đất ở khu vực nghiên cứu được giải phóng từ trầm tích thông qua quá trình khử hòa tan các khoáng chứa As dưới sự có mặt của vật chất hữu cơ. Cơ chế tương tự cũng được báo cáo trong nghiên cứu của Dao Viet Nga và cs (2017) [11], Postma và cs (2012) [17] và Sørensen và cs (2018) [18].

Kết luận

Nồng độ As tổng trong nước dưới đất ở khu vực nghiên cứu biến đổi trong khoảng <5 đến 334 µg/l, hầu hết nước dưới đất từ các giếng này không phù hợp cho mục đích ăn uống do có nồng độ As vượt quá tiêu chuẩn của WHO. Nồng độ cao của As trong nước dưới đất phân bố chủ yếu ở một dải hẹp giữa sông Hồng và Đáy, nơi có những dải trầm tích trẻ ít hơn 1.000 năm, với những dải trầm tích già thì nồng độ As cũng thấp hơn. Tuy nhiên, vẫn còn sự xuất hiện của một số giếng ngoại lệ với nồng độ As cao ở nơi có trầm tích già. Điều này là do sự di chuyển của As từ nơi có nồng độ cao hơn sang nơi thấp hơn do dòng chảy của nước dưới đất cùng với sự xuất hiện của cửa sổ địa chất thủy văn trong khu vực nghiên cứu. Nguyên nhân cho sự xuất hiện As với nồng độ cao trong nước dưới đất ở khu vực nghiên cứu là do quá trình khử hòa tan các khoáng có chứa As với sự có mặt của vật chất hữu cơ.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu được thực hiện như một phần của dự án hợp tác quốc tế “Predicting the arsenic content in groundwater of the floodplains in South and Southeast Asia (PREAS)” giữa Viện Khảo sát Địa chất Đan Mạch và Greenland (GEUS), Trường Đại học Khoa học Tự nhiên (VNU-HUS) và Trường Đại học Mỏ địa chất (HUMG) dưới sự tài trợ tài chính của Liên minh châu Âu. Các tác giả xin chân thành cảm ơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] S. Shankar, U. Shanker, Shikha (2014), “Arsenic contamination of groundwater: a review of sources, prevalence, health risks, and strategies for mitigation”, *The Scientific World Journal*, **2014**, DOI: 10.1155/2014/304524.
- [2] WHO (2017), *Guidelines for Drinking - Water Quality: Fourth Edition Incorporating the First Addendum*.
- [3] P.L. Smedley, D.G. Kinniburgh (2002), “A review of the source, behaviour and distribution of arsenic in natural waters”, *Applied Geochemistry*, **17**, pp.517-568.
- [4] M. Berg, et al. (2001), “Arsenic contamination of groundwater and drinking water in Vietnam: a human health threat”, *Environmental Science & Technology*, **35**(13), pp.2621-2626.
- [5] U.K. Chowdhury, et al. (2000), “Groundwater arsenic contamination in Bangladesh and west Bengal, India”, *Environmental Health Perspectives*, **108**(5), pp.393-397.
- [6] D. Postma, et al. (2007), “Arsenic in groundwater of the Red river floodplain, Vietnam: controlling geochemical processes and reactive transport modeling”, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **71**(21), pp.5054-5071.
- [7] E. Eiche, et al. (2008), “Geochemical processes underlying a sharp contrast in groundwater arsenic concentration in a village on Red river delta, Vietnam”, *Applied Geochemistry*, **23**, pp.3143-3154.
- [8] L.H.E. Winkel, et al. (2011), “Arsenic pollution of groundwater in Vietnam exacerbated by deep aquifer exploitation for more than a century”, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **108**(4), pp.1246-1251.
- [9] A. Van Geen, et al. (2013), “Retardation of arsenic transport through a Pleistocene aquifer”, *Nature*, **501**, pp.204-207.
- [10] M. Berg, et al. (2007), “Magnitude of arsenic pollution in the Mekong and Red river deltas - Cambodia and Vietnam”, *Science of the Total Environment*, **372**, pp.413-425.
- [11] Dao Viet Nga, et al. (2017), “Spatial variation of arsenic in groundwater from a transect in the northwestern Hanoi”, *Vietnam Journal of Earth Sciences*, **40**(1), pp.70-77.
- [12] J. Kazmierczak, et al. (2016), “Recent flow regime and sedimentological evolution of a fluvial system as the main factors controlling spatial distribution of arsenic in groundwater (Red river, Vietnam) - Arsenic research and global sustainability”, *Proceedings of the Sixth International Congress on Arsenic in the Environment*, pp.73-75.
- [13] Dang Tran Trung, et al. (2020), “The controlling of paleo-riverbed migration on arsenic mobilization in groundwater in the Red river delta, Vietnam”, *Vietnam Journal of Earth and Sciences*, **42**(2), pp.161-175.
- [14] Phạm Hùng Việt, Trần Thị Mai, Phạm Thị Kim Trang, Vi Thị Mai Lan, Vũ Thị Duyên, Đào Mạnh Phú, Dieke Postma (2016), “Nghiên cứu mối liên hệ giữa thành phần hóa học của nước ngầm và ô nhiễm arsen tại khu vực tây bắc Hà Nội”, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam*, **8**(9), tr.5-9.
- [15] Bộ Y tế (2018), *QCVN 01-1:2018/BYT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước sạch sử dụng cho mục đích sinh hoạt*.
- [16] Bộ Tài nguyên và Môi trường (2015), *QCVN 09-MT:2015/BTNMT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước dưới đất*.
- [17] D. Postma, et al. (2012), “Groundwater arsenic concentrations in Vietnam controlled by sediment age”, *Nature Geoscience*, **5**, pp.656-661.
- [18] H.U. Sørensen, et al. (2018), “Arsenic in Holocene aquifers of the Red river floodplain, Vietnam: effects of sediment - water interactions, sediment burial age and groundwater residence time”, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **225**, pp.192-209.
- [19] C.A.J. Appelo, D. Postma (2005), *Geochemistry, Groundwater and Pollution*, Balkema Publishers.