

Sự biến đổi sau 10 năm của amoni trong nước ngầm ở khu vực đông nam Hà Nội

Vũ Thị Duyên^{1,2}, Phạm Thị Kim Trang¹, Nguyễn Thanh Đàm¹, Phạm Hùng Việt^{1*}, Lenny H.E. Winkel^{3,4}, Benjamin C. Bostick⁵

¹Phòng Thí nghiệm Trọng điểm Công nghệ Phân tích Phục vụ Kiểm định Môi trường và An toàn Thực phẩm, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội, 334 Nguyễn Trãi, phường Thanh Xuân Trung, quận Thanh Xuân, Hà Nội, Việt Nam

²Học viện Khoa học và Công nghệ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, 18 Hoàng Quốc Việt, phường Nghĩa Đô, quận Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam

³Viện Công nghệ Liên bang Thụy Sĩ (ETH Zurich), 8092 Zurich, Thụy Sĩ

⁴Viện Nghiên cứu Nước Liên bang Thụy Sĩ, 8600 Dübendorf, Thụy Sĩ

⁵Đài quan sát Trái đất Lamont - Doherty, Đại học Columbia, Palisades, 10964 New York, Hoa Kỳ

Ngày nhận bài 12/9/2024; ngày chuyển phản biện 15/9/2024; ngày nhận phản biện 8/10/2024; ngày chấp nhận đăng 14/10/2024

Tóm tắt:

Nước ngầm tại Hà Nội, trong đó đặc biệt là khu vực phía nam đã được báo cáo có chứa hàm lượng amoni (NH_4^+) cao trong gần 30 năm qua, nhưng hiểu biết về sự biến đổi theo thời gian của amoni trong nước ngầm tại Hà Nội vẫn còn hạn chế. Trong nghiên cứu này, nước ngầm từ 44 giếng khoan hộ dân ở khu vực phía đông nam Hà Nội từ nghiên cứu trước đó (năm 2013) được tái thu thập và phân tích nhằm tìm hiểu sự biến đổi theo thời gian của amoni trong nước ngầm sau 10 năm. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng, amoni phân bố không đều theo không gian, phía bờ phải sông Hồng có nồng độ amoni cao hơn so với bờ trái. Trong số các giếng khảo sát, amoni trong khoảng 57% số giếng có xu hướng giảm và 23% số giếng có xu hướng tăng sau 10 năm. Các giếng có xu hướng gia tăng amoni cũng tập trung chủ yếu ở phía bờ phải sông Hồng. Điều này phần nào cho thấy tác động của quá trình khai thác nước tập trung đến chất lượng nước ngầm ở Hà Nội. Tuy nhiên, do những hạn chế nhất định nên để có bằng chứng xác thực và tin cậy hơn cho cơ chế đằng sau sự biến đổi này thì các nghiên cứu về ảnh hưởng của quá trình khai thác nước tập trung đến chất lượng nước ngầm tại Hà Nội vẫn cần được tiếp tục khảo sát và mở rộng quy mô nghiên cứu.

Từ khóa: amoni, biến đổi theo thời gian, đông nam Hà Nội, nước ngầm.

Chỉ số phân loại: 1.4, 1.5, 2.7

Decadal variation of ammonium in groundwater in southeast Hanoi

Thi Duyen Vu^{1,2}, Thi Kim Trang Pham¹, Thanh Dam Nguyen¹, Hung Viet Pham^{1*}, Lenny H.E. Winkel^{3,4}, Benjamin C. Bostick⁵

¹Key laboratory of Analytical Technology for Environmental Quality and Food Safety Control, VNU University of Science, Vietnam National University - Hanoi, 334 Nguyen Trai Street, Thanh Xuan Trung Ward, Thanh Xuan District, Hanoi, Vietnam

²Graduate University of Science and Technology, Vietnam Academy of Science and Technology, 18 Hoang Quoc Viet Street, Nghia Do Ward, Cau Giay District, Hanoi, Vietnam

³Swiss Federal Institute of Technology (ETH Zurich), 8092 Zurich, Switzerland

⁴Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, 8600 Dübendorf, Switzerland

⁵Lamont - Doherty Earth Observation, Columbia University, Palisades, 10964 New York, United States of America

Received 12 September 2024; revised 8 October 2024; accepted 14 October 2024

Abstract:

Groundwater in Hanoi, particularly in the southern area, has been reported to contain high levels of ammonium (NH_4^+) for nearly 30 years, but understanding of the temporal variation of ammonium in Hanoi's groundwater remains limited. In this study, groundwater samples from 44 household wells in the southeastern area of Hanoi, which were studied in the past (in 2013), were re-collected and investigated about the changes in ammonium levels over 10 years. The results revealed a spatially heterogeneous distribution of ammonium, with higher concentrations observed on the right side of the Red river. Among the surveyed wells, concentrations of ammonium in about 57% of the wells tended to decrease, while 23% showed an increasing trend over the past decade. Once again, the wells with a growing trend are predominantly located on the right side of the Red river, where groundwater continues to be exploited for domestic purposes. These findings suggested that the impact of excessive groundwater abstraction in Hanoi may deteriorate groundwater quality. However, due to certain limitations in this study, further research is needed to elucidate the mechanisms behind these changes and to understand better the impact of groundwater abstraction on the temporal variation of groundwater quality in Hanoi.

Keywords: ammonium, groundwater, southeast Hanoi, temporal variation.

Classification numbers: 1.4, 1.5, 2.7

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

1. Đặt vấn đề

Amoni (NH_4^+) là một trong những chất dinh dưỡng vô cơ đa lượng quan trọng trong hệ sinh thái dưới nước, đóng vai trò là nguồn nitơ cố định có tính khả dụng sinh học cao cho sinh - thực vật phù du. Amoni có thể đi vào môi trường nước thông qua con đường tự nhiên do phân hủy kỵ khí các vật chất hữu cơ bởi vi sinh vật và do ảnh hưởng từ các hoạt động của con người như nước thải công - nông nghiệp, đô thị, nước rỉ rác... [1]. Trong môi trường nước, amoni có thể chuyển đổi thành các dạng nitơ khác thông qua các quá trình sinh - hóa học khác nhau [2, 3]. Nồng độ amoni trong nước tự nhiên có thể biến đổi trong khoảng rộng, từ vài đến hàng trăm mmol/l. Nồng độ amoni trong nước mặt không bị ô nhiễm có thể đạt tới vài mmol/l hoặc trong một vài trường hợp như nước biển thì nồng độ amoni có thể rất thấp, chỉ vài nmol/l. Amoni trong nước thải đô thị và công nghiệp có thể cao tới vài trăm mmol/l [3, 4].

Mặc dù amoni không ảnh hưởng trực tiếp đến sức khỏe như các dạng nitơ khác và Tổ chức Y tế Thế giới (WHO) cũng chưa đưa ra bất kỳ hướng dẫn nào dựa trên sức khỏe về amoni trong nước uống vì nồng độ thường thấp hơn mức gây lo ngại cho sức khỏe, nhưng với nồng độ cao thì nó lại là một trong những chất gây ô nhiễm nguồn nước [5, 6]. Lượng amoni dư thừa đưa vào nước mặt có thể kích thích quá trình sản sinh nhanh chóng của quần thể sinh - thực vật phù du, làm cạn kiệt oxy trong nước và gây ra hiện tượng phú dưỡng và có thể trở thành mối đe dọa đối với hệ sinh thái dưới nước [1]. Đối với nguồn nước dùng cho sinh hoạt thì sự có mặt với nồng độ cao của amoni có thể làm giảm hiệu quả xử lý nước do giảm hiệu quả khử trùng bằng clo và tăng mức tiêu thụ clo, dễ dẫn đến hình thành nitrit và thay đổi về mùi vị [2, 6, 7].

Đối với nước ngầm, amoni là một trong những chất gây ô nhiễm phổ biến và có thể bắt nguồn từ nguyên nhân tự nhiên là kết quả của quá trình phân hủy kỵ khí vật chất hữu cơ hoặc do con người như sự xâm nhập amoni từ các nguồn nước thải công - nông nghiệp, nước thải sinh hoạt và nước rỉ rác... [4, 8]. Sự có mặt với nồng độ cao của amoni trong hệ thống tầng chứa nước có thể dẫn đến sụt giảm chất lượng nước ngầm, hạn chế khả năng sử dụng nước, nó có thể tác động đến tương tác nước - đá, là nguồn cung cấp nitơ đáng kể cho nước mặt [4]. Ngoài ra, hàm lượng amoni cao thường chỉ thị cho môi trường khư trong nước ngầm và môi trường khư này lại là điều kiện thuận lợi cho việc hòa tan nhiều chất gây ô nhiễm khác từ trầm tích ra nước ngầm như asen, sắt, mangan... [9].

Tại Hà Nội, nước ngầm đã được khai thác tập trung trong các nhà máy xử lý nước ngầm kể từ năm 1909 và tốc

độ đô thị hóa nhanh chóng làm cho nhu cầu sử dụng nước ngầm làm nước sinh hoạt ngày càng tăng [10]. Mặc dù hiện nay nước mặt từ sông Hồng và sông Đuống đã được khai thác lại, nhưng cho tới năm 2017 thì tổng lượng nước ngầm khai thác vẫn đạt hơn 1 triệu m^3 /ngày và chiếm khoảng 70% tổng lượng nước khai thác cho cấp nước sinh hoạt trên toàn Thành phố [11, 12]. Việc khai thác nước ngầm tập trung từ hơn 100 năm nay tại Hà Nội đã dẫn đến việc mực nước ngầm bị sụt giảm, làm tăng nguy cơ ô nhiễm các hệ thống tầng chứa nước và gây sụt lún đất.

Nước ngầm một số khu vực tại Hà Nội, điển hình là khu vực phía nam được báo cáo bị ô nhiễm bởi sắt, mangan, amoni và đặc biệt là asen [10, 13, 14]. Mặc dù hiện trạng ô nhiễm trong các tầng chứa nước tại Hà Nội đã được báo cáo suốt nhiều thập kỷ qua, nhưng sự biến thiên về chất lượng nước ngầm nói chung và đặc biệt là sự thăng giáng theo thời gian của các chất ô nhiễm trong nước ngầm, dưới tác động của đô thị hóa và khai thác nước ngầm tầng sâu quá mức, vẫn là vấn đề đáng được quan tâm. Câu trả lời cho xu hướng biến đổi chất ô nhiễm trong nước ngầm theo thời gian có thể giúp ích trong công tác quản lý, khai thác và xử lý các chất ô nhiễm nước ngầm một cách hiệu quả và bền vững hơn.

Báo cáo của M. Berg và cs (2008) [13] cho thấy, từ năm 1993 đến năm 2001, nước ngầm tầng sâu ở Hà Nội có xu hướng gia tăng hàm lượng amoni. Đồng thời, nhiều nơi có nồng độ amoni vượt quá 10 mg/l và đặc biệt cao trong khu vực có lớp than bùn dày. Ngoài ra, nghiên cứu của J. Norrman và cs (2015) [5] trên bãi giếng sát bờ sông tại Nam Dư, Hoàng Mai, Hà Nội cho thấy, nồng độ amoni trung bình trong nước ngầm tầng Holocene và Pleistocene lần lượt là 18 và 12,2 mg/l.

Những nghiên cứu trên cho thấy, nước ngầm tại Hà Nội có chứa hàm lượng từ cao đến rất cao của amoni. Hiện tại, khi mà nước ngầm vẫn là nguồn cung chính cho các nhà máy xử lý nước sinh hoạt cho người dân toàn Thành phố thì việc amoni có mặt với nồng độ cao trong cả hai tầng chứa nước đã trở thành một thách thức nghiêm trọng. Do sự có mặt của amoni có thể ảnh hưởng đến hiệu quả xử lý nước cũng như có khả năng chuyển hóa thành dạng nitơ khác có độc tính cao hơn. Đồng thời, dưới tác động khai thác nước ngầm tập trung trong hơn một thế kỷ qua thì việc nghiên cứu về sự biến động theo thời gian của chất lượng nước ngầm nói chung và ô nhiễm amoni nói riêng là rất cần thiết và có ý nghĩa đặc biệt quan trọng. Sự biến đổi amoni theo thời gian cũng sẽ phần nào cung cấp dấu hiệu cảnh báo cho các chất ô nhiễm đồng hành khác. Ngoài ra, việc theo dõi và khảo sát amoni theo thời gian còn giúp các nhà máy xử lý nước lựa chọn phương án phù hợp để loại bỏ amoni trong quy trình làm sạch nước một cách hiệu quả hơn hoặc giúp dự đoán xu

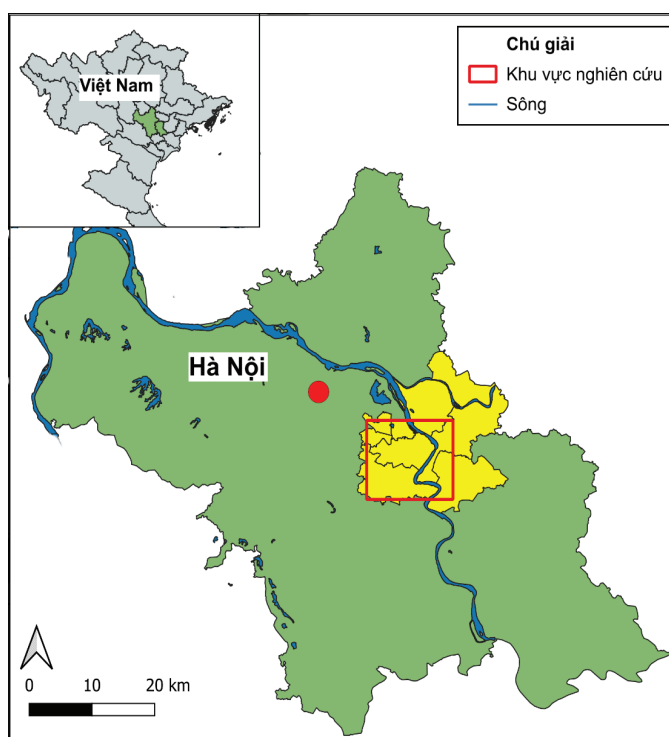
hướng biến động của amoni nhằm tìm nguồn cung cấp nước sinh hoạt an toàn hơn. Đồng thời, biết được xu hướng biến động theo thời gian của chất lượng nước ngầm nói chung hay amoni nói riêng có thể giúp cung cấp thêm cơ sở dữ liệu cho công tác quản lý và khai thác nước ngầm bền vững hơn.

Do đó, để tìm hiểu sự thay đổi nồng độ amoni trong nước ngầm sau thời gian 10 năm, nghiên cứu này sẽ thu thập và phân tích lại amoni trong nước ngầm từ 44 giếng khoan hộ dân trong một dự án trước đó (năm 2013-2014) tại vùng đông nam Hà Nội [14].

2. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

2.1. Khu vực nghiên cứu

Điểm lấy mẫu là các giếng của hộ dân ở hai phía sông Hồng (hình 1) trên một vùng có diện tích khoảng 200 km² về phía đông nam Hà Nội, trải rộng trên địa bàn của 7 quận/huyện, bao gồm: Đống Đa, Thanh Trì, Thanh Xuân, Hoàng Mai, Long Biên, Gia Lâm (TP Hà Nội) và Văn Giang (Hưng Yên).



Hình 1. Khu vực nghiên cứu.

Khu vực phía nam Hà Nội nói chung là nơi tập trung đông dân cư, địa hình thấp trũng, thỉnh thoảng xảy ra lụt lội vào mùa mưa, có hệ thống sông - ngòi, kênh - mương và ao hồ dày đặc. Các nhà máy khai thác nước ngầm dùng cho cấp nước sinh hoạt được vận hành từ lâu và hiện vẫn còn hoạt động như Nhà máy nước Pháp Vân, Nam Dư, Tương Mai, Hạ Đình...

Địa chất khu vực được đặc trưng bởi trầm tích Kỷ Đệ Tứ có độ dày thay đổi từ khoảng 50 đến 90 m với cấu trúc địa chất phức tạp. Hệ thống tầng chứa nước sâu phía dưới được đặc trưng bởi các trầm tích lắng đọng trong thời kỳ Pleistocene (tầng chứa nước Pleistocene), có thành phần đá sỏi cứng, màu nâu vàng biểu thị cho các điều kiện oxy hóa sau lắng đọng. Các trầm tích tạo thành tầng chứa nước phía trên được lắng đọng trong thời kỳ Holocene (tầng chứa nước Holocene) với đặc trưng bởi các lớp cát xen kẽ sét và bùn sét, có chứa than bùn và tàn tích thực vật [5]. Hai tầng chứa nước thường được phân tách bởi lớp trầm tích ít thấm nước. Tuy nhiên, do sự thay đổi hình thái sông tự nhiên, các tầng chứa nước không được tách biệt hoàn toàn, một số vị trí được kết nối thông qua thấu kính cát. Nước sông là nguồn chủ yếu bổ cập vào các tầng chứa nước Holocene và Pleistocene dọc theo sông Hồng trong một vùng rộng khoảng 5 km. Đối với tầng chứa nước Pleistocene xa hơn thì nước chủ yếu được bổ sung thông qua quá trình thấm thấu theo chiều dọc từ tầng chứa nước Holocene [5, 13].

2.2. Lấy và phân tích mẫu

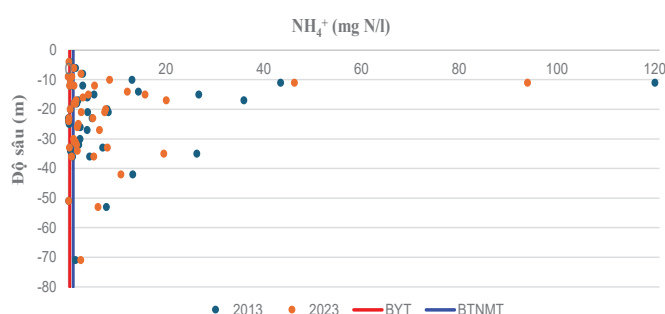
Nước ngầm từ 44 giếng khoan trong tổng số 137 giếng hộ dân có độ sâu trong khoảng 4-71 m (so với mực nước biển) đã được thu thập lại từ tháng 2 đến tháng 4/2023 (93 giếng khoan còn lại đã bị phá bỏ). Trong đó, có 19 mẫu nước ngầm được lấy từ các giếng khoan thuộc bờ trái sông Hồng và 25 mẫu được lấy từ các giếng khoan thuộc bờ phải sông Hồng.

Mẫu nước ngầm được lấy sau khi đã bơm bỏ phần nước đọng trong giếng khoảng 5-15 phút và các thông số hiện trường pH, oxy hòa tan (DO), độ dẫn điện (EC) và thế oxy hóa khử (Eh) đạt ổn định (thiết bị cầm tay HQ 40d, Hach). Mẫu sau đó được lọc qua màng lọc cellulose acetate (CA) 0,45 µm vào lọ nhựa polyethylene (PE) và bảo quản bằng acid H₂SO₄ 1:1 (v/v) tới pH<2 cho phân tích amoni. Lọ mẫu sau đó được giữ lạnh ngoài hiện trường với đá gel và ở 4°C trong phòng thí nghiệm cho phân tích tiếp theo.

Amoni sau đó được phân tích bằng phương pháp salicylate [15], phức chất hình thành được đo tại bước sóng 690 nm trên thiết bị UV 1800, Shimadzu.

3. Kết quả và bàn luận

Kết quả cho thấy, nồng độ amoni trong nước ngầm thay đổi trong khoảng rộng từ <0,2 đến 120 mg N/l (trung bình 8,66 mgN/l) và <0,2 đến 94 mg N/l (trung bình 7,16 mg/l) tương ứng trong 2 năm 2013 và 2023. Độ sâu các giếng lấy mẫu nằm trong khoảng 4-71 m, chủ yếu (khoảng 73%) tập trung trong khoảng 10-36 m so với mực nước biển, tuy nhiên amoni trong nước ngầm phân bố không đồng đều theo độ sâu (hình 2).



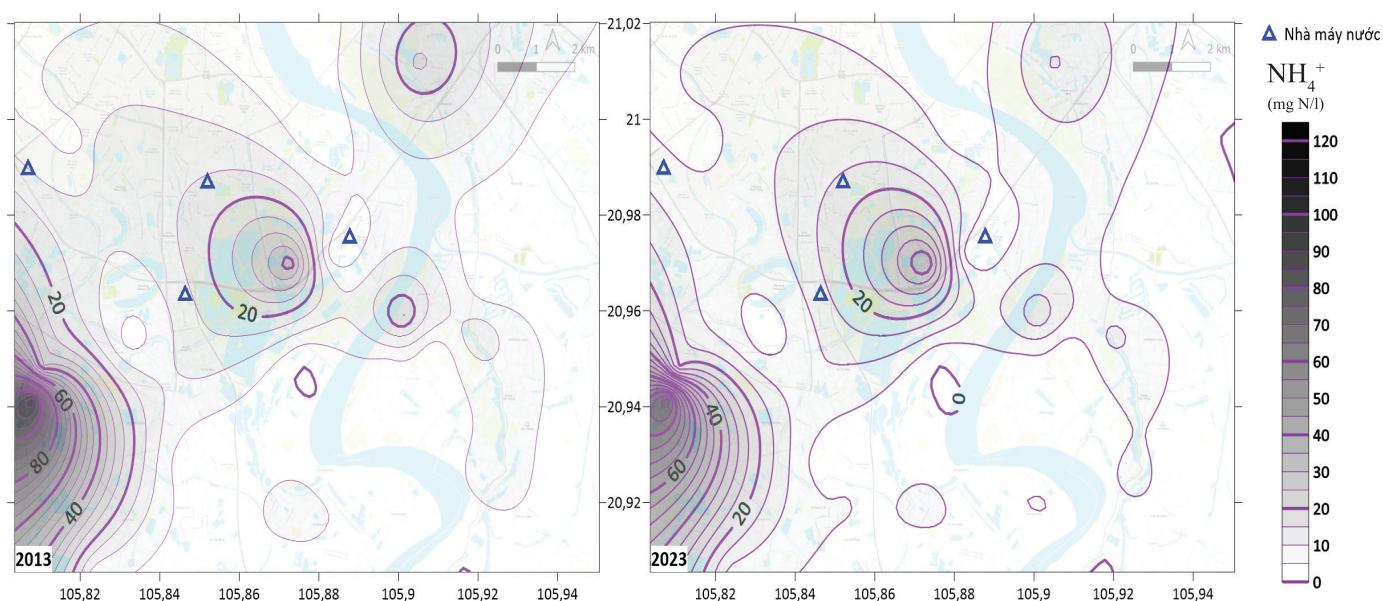
Hình 2. Phân bố nồng độ amoni trong nước ngầm khu vực nghiên cứu theo độ sâu.

Mặc dù WHO chưa đưa ra bất kỳ hướng dẫn nào về sức khỏe liên quan đến amoni trong nước uống, nhưng tại Việt Nam, giới hạn hàm lượng tổng amoni (NH_4^+) và amoniac (NH_3) trong nước sinh hoạt được quy định bởi Bộ Y tế là 0,3 mg N/l [16] và quy định trong nước ngầm là 1 mg/l theo Bộ Tài Nguyên và Môi trường [17]. Vậy, nếu theo quy định của Bộ Y tế thì năm 2013, có tới hơn 88% số giếng (39 trong tổng số 44 giếng) và 84% số giếng (37 trên tổng số 44 giếng) trong năm 2023 vượt quá tiêu chuẩn cho phép. Trong số đó, khoảng 20% số mẫu (9 trên tổng số 44 mẫu) có nồng độ amoni trong khoảng 0,3-1 mg N/l; 16% số mẫu (7 trên tổng số 44 mẫu) có nồng độ amoni cao hơn 10 mg N/l; còn lại có tới một nửa (50%) số mẫu có nồng độ amoni trong khoảng 1-10 mg N/l, cao hơn tiêu chuẩn cho phép từ 3 đến 30 lần. Nếu xét theo tiêu chuẩn của Bộ Tài Nguyên và Môi trường thì nước ngầm tại đây vẫn chiếm hơn 63 và 70% số giếng vượt quá tiêu chuẩn tương ứng trong năm 2013 và 2023. Qua đó cho thấy, nước ngầm khu vực này bị ô nhiễm

với nồng độ cao đến rất cao của amoni trong cả 2 năm 2013, 2023 và hầu hết nước ngầm tại đây không phù hợp cho mục đích sinh hoạt. Đồng thời, điều này cũng chỉ ra rằng, việc xử lý và loại bỏ amoni là điều cần được lưu ý nếu nước ngầm tại đây được khai thác làm nước cấp sinh hoạt.

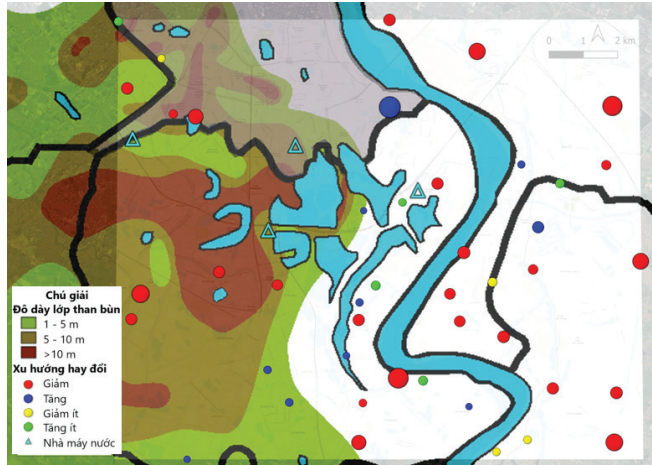
Kết quả nghiên cứu cho thấy, amoni trong nước ngầm phân bố không đều theo không gian trong cả 2 năm 2013 và 2023, nước ngầm tại bờ phải sông Hồng như khu vực huyện Hoàng Mai và Thanh Trì có nồng độ amoni cao hơn so với phía bờ trái sông Hồng như huyện Gia Lâm và Văn Giang (hình 3). Các nghiên cứu trước đây cũng chỉ ra rằng, phía bờ phải sông Hồng có nồng độ amoni cao và trầm tích khu vực phía nam Hà Nội có nơi có chứa lớp than bùn dày tới 10 m [13] và nguồn gốc cho sự có mặt với nồng độ rất cao của amoni trong nước ngầm tại đây là thông qua quá trình phân hủy vật chất hữu cơ tự nhiên có chứa nitơ từ lớp than bùn này [5, 13]. Điều này cho thấy, kết quả phân tích là phù hợp với các nghiên cứu trước đây, theo đó, các giếng có nồng độ amoni cao chủ yếu nằm trong khu vực có lớp than bùn.

Đối với sự biến thiên trong thời gian 10 năm của amoni trong nước ngầm, kết quả nghiên cứu cho thấy, do khoảng không đảm bảo đo của phương pháp nên những mẫu có sự thay đổi dưới 5% và các mẫu có nồng độ amoni nhỏ hơn giới hạn định lượng là 0,2 mg N/l được coi là ít thay đổi. Theo đó, trong tổng số 44 mẫu thì có 9 mẫu là ít thay đổi và chiếm khoảng 20% tổng số mẫu. Trong số các mẫu có sự thay đổi được coi là đáng kể của amoni theo thời gian thì có khoảng 23% (10 trên tổng số 44 mẫu) số mẫu có xu hướng tăng sau 10 năm với sự thay đổi trong khoảng 6,5-805%



Hình 3. Phân bố amoni theo không gian trong nước ngầm tại khu vực nghiên cứu.

và phần lớn các giếng này đều nằm ở phía bờ phải sông Hồng. Ở xu hướng ngược lại, có tới khoảng 57% số giếng có xu hướng giảm nồng độ amoni sau 10 năm. Tỷ lệ thay đổi amoni trong các mẫu này nằm trong khoảng 9-53% và phân bố đều 2 bên bờ sông (hình 4).



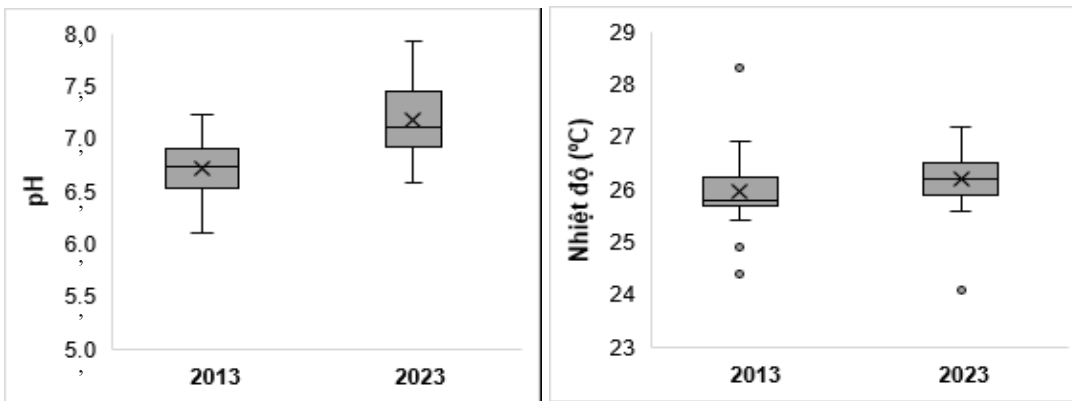
Hình 4. Xu hướng thay đổi về nồng độ amoni trong nước ngầm ở các giếng khảo sát. Kích thước các điểm được biểu diễn dựa theo tỷ lệ thay đổi nồng độ amoni. Lớp bản đồ than bùn được tham khảo và bổ sung từ M. Berg và cs (2008) [13].

Một vài nghiên cứu trước đó đã chỉ ra rằng, amoni (NH_4^+) có thể bị deproton hóa thành amoniac (NH_3) trong điều kiện pH trên 6 và amoniac hình thành có thể bị khử khí đặc biệt trong điều kiện nhiệt độ nước 19-27°C [5]. Đồng thời, nhiều nghiên cứu khác cũng cho thấy sự hình thành methane trong tầng chứa nước có điều kiện khử và nếu methane có mặt trong nước với áp suất riêng phần cao cũng có thể dẫn đến sự khử khí trong các tầng chứa nước [5, 18]. Trong nghiên cứu này, giá trị trung bình trong 2 năm 2013 và 2023 có xu hướng tăng trong nước ngầm của pH là 6,71 và 7,18 và giá trị nhiệt độ là 25,96 và 26,19°C trong nước ngầm có thể đã kích thích quá trình chuyển amoni thành amoniac (hình 5). Đồng thời, từ số liệu chưa công bố của chúng tôi cũng cho

thấy, nước ngầm tại khu vực này có chứa nồng độ methane tương đối cao trong khoảng <0,13 đến 48 mg/l (trung bình 5,49 mg/l). Sự xuất hiện cả 2 yếu tố này trong nước ngầm khu vực nghiên cứu cho thấy rằng, khả năng amoni có thể bị deproton hóa và bị khử khí cùng với methane, từ đó dẫn đến giảm nồng độ amoni trong nước. Hơn nữa, do điều kiện địa chất phức tạp của khu vực và sự liên kết của tầng chứa nước Holocene và Pleistocene thông qua thấu kính cát có thể làm cho nước ngầm từ tầng Holocene bổ cập vào tầng Pleistocene do tác động của khai thác nước tập trung. Điều này có thể gián tiếp làm dịch chuyển các chất ô nhiễm từ tầng Holocene xuống tầng Pleistocene, đồng thời làm cho amoni trong nước ngầm tầng nông giảm xuống [13].

Mặc dù gần 57% số giếng thể hiện xu hướng giảm nồng độ amoni trong nước ngầm nhưng vẫn xuất hiện xu hướng gia tăng ở một vài giếng ngay gần đó. Các giếng có xu hướng giảm này tập trung chủ yếu ở phía bờ phải sông Hồng và phân bố dọc gần bờ sông và phía ngoài rìa của lớp than bùn (hình 4). Các nghiên cứu trước đó về nguồn nước bổ cập đã chỉ ra rằng, nước ngầm tầng chứa nước khu vực Hà Nội, đặc biệt khu vực nội thành, được bổ sung từ nguồn chính là nước sông, nước bề mặt từ ao, hồ, mương, nước mưa cũng là nguồn bổ sung khác cho khu vực này [5, 19]. Quá trình khai thác nước tập trung dẫn đến sụt giảm mực nước ngầm ở Hà Nội đồng thời có thể kéo theo các nguồn chất ô nhiễm vào tầng chứa nước. Trong đó, sự xâm nhập của nguồn carbon hữu cơ hòa tan có thể làm tăng nồng độ các sản phẩm khử như amoni và methane trong nước ngầm tại nơi này. Sự phân bố các giếng có thể hiện sự gia tăng ô nhiễm amoni bên phía bờ phải sông Hồng cũng đã phần nào cho thấy tác động của quá trình khai thác nước tập trung đến chất lượng nước ngầm. Do đó, việc tiếp tục khai thác nước ngầm với tốc độ như hiện nay cần được xem xét để có phương án khai thác và xử lý amoni phù hợp và hiệu quả nhất trong tương lai.

Mặc dù phần lớn các mẫu nước ngầm nghiên cứu cho thấy xu hướng giảm theo thời gian, tuy nhiên do hạn chế về mặt số lượng mẫu nên để có thêm các bằng chứng xác thực và tin cậy hơn thì việc mở rộng phạm vi điều tra là cần thiết. Do đó, các khảo sát tiếp theo vẫn cần tập trung tìm hiểu cơ chế và xu hướng ảnh hưởng của việc khai thác nước quá mức đến sự biến đổi theo thời gian trong chất lượng nước ngầm tại Hà Nội.



Hình 5. Giá trị pH và nhiệt độ của nước ngầm khu vực nghiên cứu trong hai năm 2013 và 2023.

4. Kết luận

Amoni có mặt với hàm lượng cao trong nước ngầm khu vực phía đông nam Hà Nội cho thấy, nước ngầm tại đây không phù hợp cho mục đích sinh hoạt. Ngoài hàm lượng cao thì amoni trong nước ngầm phân bố không đều theo cả không gian và độ sâu. Tuy nhiên, trong năm 2013 và 2023 nghiên cứu đều cho thấy nước ngầm phía bờ phải sông Hồng ô nhiễm nặng hơn so với phía bờ trái. Điều này phần nào cho thấy ảnh hưởng của khai thác nước tập trung đến chất lượng nước ngầm nói chung và amoni nói riêng. Do đó, các nhà máy khai thác và xử lý nước ngầm cho sinh hoạt cần lựa chọn phương pháp tối ưu nhằm loại bỏ amoni khỏi nước sinh hoạt. Đồng thời, sự xuất hiện với nồng độ cao của amoni trong tầng chứa nước cũng là dấu hiệu cảnh báo rằng tầng chứa nước có thể chứa nồng độ cao các chất ô nhiễm khác do điều kiện khur thuận lợi cho việc giải phóng các chất ô nhiễm vốn có trong trầm tích vào nước ngầm.

Kết quả đánh giá sự thăng giáng sau 10 năm cho thấy, 57% số giếng nghiên cứu có amoni có xu hướng giảm và khoảng 23% số giếng có sự gia tăng nồng độ amoni theo thời gian. Trong đó, xu hướng gia tăng ô nhiễm tập trung nhiều hơn ở phía bờ phải sông Hồng. Nguyên nhân cho xu hướng giảm nồng độ ô nhiễm amoni này có thể là do điều kiện pH và nhiệt độ hiện tại đã làm cho amoni chuyển thành amoniac và thoát ra ngoài cùng với khí methane hình thành trong điều kiện khur của tầng chứa nước. Tuy nhiên, do có những hạn chế nhất định về cỡ mẫu nghiên cứu nên để có bằng chứng xác thực và tin cậy hơn cho cơ chế đằng sau sự biến đổi này và ảnh hưởng của quá trình khai thác nước tập trung đến chất lượng nước ngầm tại Hà Nội cần được tiếp tục khảo sát và mở rộng quy mô nghiên cứu.

LỜI CẢM ƠN

Tác giả Vũ Thị Duyên được tài trợ bởi Chương trình học bổng đào tạo tiến sỹ trong nước của Quỹ Đổi mới Sáng tạo Vingroup (VINIF), mã số VINIF.2022.TS028. Các tác giả xin chân thành cảm ơn Nguyễn Văn Tiến đã cùng tham gia và hỗ trợ trong suốt quá trình lấy mẫu. Các tác giả xin cảm ơn sinh viên Nguyễn Thúy Hiền đã hỗ trợ trong quá trình phân tích mẫu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] X. Guo, J. Chen, Y. Shen, et al. (2024), "Evolution of the fluorometric method for the measurement of ammonium/ammonia in natural waters: A review", *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, **171**, DOI: 10.1016/j.trac.2024.117519.

[2] K. Lin, Y. Zhu, Y. Zhang, et al. (2019), "Determination of ammonia nitrogen in natural waters: Recent advances and applications", *Trends in Environmental Analytical Chemistry*, **24**, DOI: 10.1016/j.teac.2019.e00073.

[3] M. Zhang, X. Dong, X. Li, et al. (2020), "Review of separation methods for the determination of ammonium/ammonia in natural water", *Trends in Environmental Analytical Chemistry*, **27**, DOI: 10.1016/j.teac.2020.e00098.

[4] J.K. Böhlke, R.L. Smith, D.N. Miller (2006), "Ammonium transport and reaction in contaminated groundwater: Application of isotope tracers and isotope fractionation studies", *Water Resources Research*, **42(5)**, DOI: 10.1029/2005WR004349.

[5] J. Norrman, C.J. Sparrenbom, M. Berg, et al. (2015), "Tracing sources of ammonium in reducing groundwater in a well field in Hanoi (Vietnam) by means of stable nitrogen isotope ($\delta^{15}\text{N}$) values", *Applied Geochemistry*, **61**, pp.248-258, DOI: 10.1016/j.apgeochem.2015.06.009.

[6] G. Radu, G. Racoviteanu (2021), "Removing ammonium from water intended for human consumption. A review of existing technologies", *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, **664**, DOI: 10.1088/1755-1315/664/1/012029.

[7] S.R. Buss, A.W. Herbert, P. Morgan, et al. (2004), "A review of ammonium attenuation in soil and groundwater", *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*, **37(4)**, pp.347-359, DOI: 10.1144/1470-9236/04-005.

[8] J. Liu, J. Yuan, Y. Zhang, et al. (2023), "Identification of ammonium source for groundwater in the piedmont zone with strong runoff of the Hohhot basin based on nitrogen isotope", *Science of The Total Environment*, **882**, DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.163650.

[9] K.R. Henke (2009), *Arsenic: Environmental Chemistry, Health Threats and Waste Treatment*, John Wiley & Sons, Inc., 592pp.

[10] V.D. Nguyen, T.D. Nguyen (2004), "Current status of groundwater pollution in Hanoi area", *Journal of Geology*, **280**, pp.44-53.

[11] P.H. Giao, V.T. Hue, N.D. Han, et al. (2020), "Land subsidence prediction for a new urban mass rapid transit line in Hanoi", *Underground Space*, **5(2)**, pp.93-104, DOI: 10.1016/j.undsp.2018.11.002.

[12] L.W. Contreras, H. March, S. Schramm (2017), "Fragmented landscapes of water supply in suburban Hanoi", *Habitat International*, **61**, pp.64-74, DOI: 10.1016/j.habitatint.2017.02.002.

[13] M. Berg, P.T.K. Trang, C. Tengel, et al. (2008), "Hydrological and sedimentary controls leading to arsenic contamination of groundwater in the Hanoi area, Vietnam: The impact of iron-arsenic ratios, peat, river bank deposits, and excessive groundwater abstraction", *Chemical Geology*, **249(1-2)**, pp.91-112, DOI: 10.1016/j.chemgeo.2007.12.007.

[14] T.T. Mai, P.T.K. Trang, V.T.M. Lan, et al. (2017), "Chemical characteristics of groundwater in southeastern Hanoi", *HNUE Journal of Science*, **62(10)**, pp.44-51, DOI: 10.18173/2354-1059.2017-0053.

[15] Ministry of Science and Technology (1996), *TCVN 6179-1:1996, Water Quality - Determination of Ammonium. Part 1: Manual Spectrometric Method* (in Vietnamese).

[16] Ministry of Health (2018), *QCVN 01-1:2018/BYT, National Technical Regulation on Domestic Water Quality* (in Vietnamese).

[17] Ministry of Natural Resources and Environment (2023), *QCVN 09:2023/BTNMT, National Technical Regulation on Ground Water Quality* (in Vietnamese).

[18] D. Postma, F. Larsen, N.T.M. Hue, 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, DOI: 10.1016/j.gca.2007.08.020.

[19] A.A. Nghiem, M.O. Stahl, B.J. Mailloux, et al. (2019), "Quantifying riverine recharge impacts on redox conditions and arsenic release in groundwater aquifers along the Red river, Vietnam", *Water Resour. Res.*, **55(8)**, pp.6712-6728, DOI: 10.1029/2019wr024816.