

ỨNG DỤNG GIS VÀ PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH THỨ BẬC (AHP) THÀNH LẬP BẢN ĐỒ PHÂN VÙNG MỨC ĐỘ Ô NHIỄM ASEN NƯỚC DƯỚI ĐẤT CHO VÙNG ĐỒNG BẰNG SÔNG HỒNG

Đặng Trần Trung¹, Phạm Quý Nhân², Nguyễn Kim Hùng¹

¹Trung tâm Cảnh báo và Dự báo tài nguyên nước

²Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

Tóm tắt

Các tầng chứa nước trong trầm tích Đệ tứ chiếm vai trò hết sức quan trọng trong việc cung cấp nước cho đồng bằng sông Hồng. Ô nhiễm Asen trong các tầng chứa nước đó đã được phát hiện và đề cập trong nhiều công trình nghiên cứu, tuy nhiên mức độ và phân bố ô nhiễm Asen trong các tầng chứa nước đó còn chưa được đề cập một cách toàn diện. Nghiên cứu này đã sử dụng phương pháp tích hợp GIS và mô hình phân tích thứ bậc (AHP) để xây dựng bản đồ phân vùng mức độ ô nhiễm Asen (As) trong nước dưới đất trong trầm tích Đệ tứ. Trong đó có 4 yếu tố địa chất ảnh hưởng lớn đến nồng độ Asen trong nước dưới đất đã được phân tích bao gồm: quá trình thành tạo trầm tích - tương trầm tích, tuổi trầm tích, kiến tạo (nâng hạ bề mặt) và môi trường nước lỗ rỗng. Kết quả kiểm chứng bản đồ mức độ ô nhiễm As trong nước dưới đất với các kết quả điều tra ô nhiễm As trong nước dưới đất trước đây cho thấy kết quả là hoàn toàn phù hợp. Bản đồ phân vùng mức độ ô nhiễm As trong nước dưới đất là một dữ liệu tin cậy cho công tác quy hoạch, khai thác và sử dụng nước. Kết quả nghiên cứu cho thấy các quá trình địa chất và tuổi địa chất có ảnh hưởng lớn đến hàm lượng As trong các tầng chứa nước trầm tích Đệ tứ Đồng bằng sông Hồng.

Từ khóa: AHP; GIS; Ô nhiễm Asen; Nước dưới đất; Đồng bằng sông Hồng.

Abstract

Using GIS and Analytic Hierarchy Process (AHP) in order to map arsenic pollution zonation in groundwater based on the influence of geological factors in the Red River Delta

Quaternary sediment aquifers play an important role for water supply in the Red river delta plain. Arsenic pollution has been investigated and published in many publications. However, degree and its distribution of arsenic pollution are still not comprehensive. This paper presents coupling the Analytic Hierarchy Process (AHP) and GIS to map arsenic zonation in Quaternary sediment aquifers. There are 4 geological factors which greatly affect the arsenic concentration in groundwater that have been analysed as follows: Sedimentary facies; Sediments age; Tectonic activities (uplift and subsidence earth surface) and Total dissolved solid (TDS) of pore water in aquifers. Map of arsenic pollution zonation in Quaternary sediment aquifers is verified consistently with previous investigation result. This map is reliable information for water planning, exploitation and utilization. Research results also show that geological processes and geological age have a great influence on arsenic concentrations in Quaternary sediment aquifers in the Red river delta plain.

Keywords: AHP; GIS; Arsenic pollution; Groundwater; Red river delta plain.

1. Giới thiệu

Vùng đồng bằng sông Hồng (ĐBSH) nơi mà mật độ dân số cao nhất cả nước với khoảng 19 triệu người sinh sống. Nguồn nước cung cấp chủ yếu là nước mặt và nước dưới đất (NDD) trong đó nước mặt chủ yếu là từ nguồn nước sông còn NDD chủ yếu được lấy từ các tầng chứa nước (TCN) trong trầm tích Đệ tứ. Ngoài vấn đề về trữ lượng, vấn đề chất lượng nguồn nước cũng đang được đề cập đến đặc biệt là vấn đề nguy cơ ô nhiễm asen (As) đối với nguồn NDD.

Từ năm 2000 đến nay, đã có nhiều công trình của nhiều tác giả nghiên cứu về As trong các nguồn nước. Các kết quả nghiên cứu bước đầu cho thấy lãnh thổ nước ta có nhiều địa phương bị ô nhiễm As với mức độ khá cao (Berg & nnk, 2001; Smedley và Kinniburgh, 2002). Nhiều công trình nghiên cứu điều tra về nguồn gốc Asen đã phát hiện thấy nồng độ As trong các mẫu nước khảo sát ở khu vực Hưng Yên, Hà Nội, Hà Nam,...đều vượt tiêu chuẩn cho phép đối với nước sinh hoạt của Quốc tế và Việt Nam (Phạm Quý Nhân, 2008). Chính phủ Việt Nam và UNICEF đã khảo sát về nồng độ As trong nước của 71.000 giếng khoan thuộc 17 tỉnh đồng bằng miền Bắc, Trung và miền Nam. Kết quả phân tích cho thấy, nguồn nước giếng khoan của các tỉnh ĐBSH: Hà Nam, Nam Định, Hà Tây, Hưng Yên, Hải Dương đều bị nhiễm As rất cao. Tỷ lệ các giếng có nồng độ As từ 0,1 mg/l đến > 0,5 mg/l (cao hơn Tiêu chuẩn cho phép của Việt Nam và Tổ chức Y tế thế giới từ 10 - 50 lần) của các xã dao động từ 59,6 - 80%.

Trong các nghiên cứu trước đây về As trong NDD như của (Jessen et al., 2008) cho thấy mối quan hệ giữa As ở trong NDD đối với các trầm tích có nguồn gốc biển, nghiên cứu của (Smedley & Kinniburgh, 2002) cho thấy mối quan hệ chặt chẽ giữa hàm lượng As đối với các trầm tích có nguồn gốc sông. Ngoài ra còn có các nghiên cứu khác của (Postma et

al., 2012) và (Nguyễn Như Khuê, 2012) cho thấy mối quan hệ giữa hàm lượng As trong NDD với tuổi trầm tích Đệ tứ. Nghiên cứu của (Søren Jessen, 2008) cũng cho thấy nước lỗ rỗng trong các trầm tích Đệ tứ có liên đến quan đến hàm lượng As trong NDD, hàm lượng TDS càng cao thì nguy cơ ô nhiễm As càng thấp và ngược lại. Nghiên cứu này nhằm mục đích xác định các nhân tố ảnh hưởng chính gây ra ô nhiễm Asen trong NDD từ đó sử dụng phương pháp phân tích thứ bậc (Analytical Hierichical Process - AHP) để xác định tầm quan trọng của các nhân tố đó, để từ đó xây dựng bản đồ mức độ ô nhiễm As trong NDD vùng ĐBSH. Ở Việt Nam, phương pháp phân tích thứ bậc cũng đã được áp dụng có hiệu quả cao về lĩnh vực nông nghiệp (Nguyễn Vũ Kỳ, 2018), các nghiên cứu về khoan định trọt lỗ đất (Đỗ Minh Ngọc, 2016).

2. Đặc điểm địa chất khu vực nghiên cứu

2.1. Địa tầng

ĐBSH được bao quanh bởi các thành tạo đá cổ kết tinh tuổi tiền Cambri và các đá trầm tích tuổi Paleozoi và Mesozoi phát triển trên thung lũng hình thành do các đứt gãy trong đó hệ thống đứt gãy Sông Hồng theo hướng Tây bắc - Đông nam quyết định sự phân bố các vùng miền núi, miền thoát, và hướng dòng chảy của sông Hồng. Bề mặt được phủ bởi các trầm tích Đệ tứ với bề dày biến đổi từ 2 m ở vùng rìa tới tới 200 m ở vùng ven biển. Bên dưới các trầm tích Đệ tứ là các trầm tích Neogen và các đá gốc tuổi cổ hơn. Các trầm tích Đệ tứ bao gồm các trầm tích bờ rời như sét, bột, cát và sạn sỏi. Theo Trần Nghi và Ngô Quang Toàn (2004), các trầm tích Đệ tứ được phân chia thành 5 hệ tầng theo thứ tự từ cổ tới trẻ như sau:

- Hệ tầng Lệ Chi (Q_1^{lc}): Là phần dưới cùng của mặt cắt Đệ tứ, phân bố

Nghiên cứu

rộng rãi ở miền vũng Hà Nội, bị phủ kín, chỉ quan sát được qua các lỗ khoan ở độ sâu từ 65 đến 90 m trở xuống. Thành phần chính là cát, cuội, sỏi lẫn sét màu xám nguồn gốc phức tạp, chủ yếu nguồn gốc sông hoặc sông - biển hỗn hợp. Chiều dày trung bình $10 \div 20$ m.

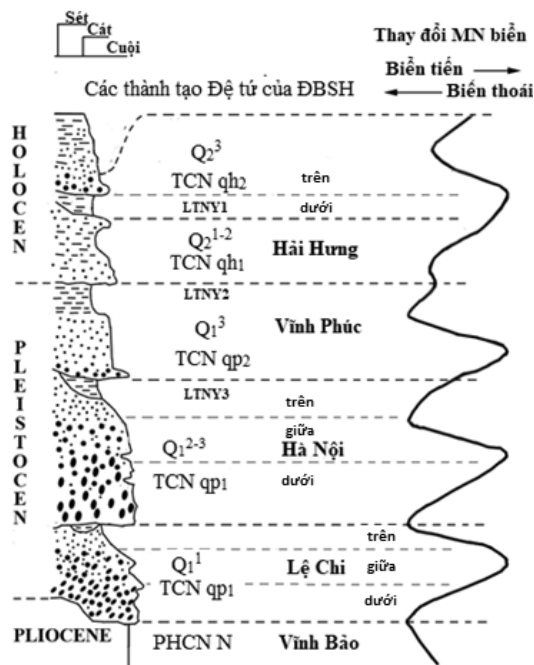
- Hệ tầng Hà Nội ($Q_1^{2-3}hn$): Có diện phân bố rộng rãi trên vùng đồng bằng, lộ ra ở vùng ven rìa, còn lại chúng bị phủ hoàn toàn. Thành phần chủ yếu là cuội, cuội tảng còn lại là sạn, cát, sét với chiều dày biến đổi từ 3 - 5 m. Vùng phủ quan sát được qua các lỗ khoan thuộc các tỉnh Hải Dương, Hưng Yên, Thái Bình, Nam Định, Hà Nội, Ninh Bình với thành phần chủ yếu là cát, cuội, sỏi.

- Hệ tầng Vĩnh Phúc (Q_1^3vp): Vùng lộ phân bố ở một số khu vực thuộc tỉnh Vĩnh Phúc, một số khu vực ở Bắc Hà Nội, ở ven rìa Đông bắc và Tây nam đồng bằng. Mặt cắt địa chất của hệ tầng từ dưới lên gồm hai phần. Phần dưới chủ yếu là cát hạt trung thô lẫn cuội sỏi với chiều dày $20 \div 25$ m. Phần trên chủ yếu là sét bột lẫn cát màu xám, xám trắng bị phong hoá có màu loang lổ. Chiều dày trung bình $10 \div 55$ m.

- Hệ tầng Hải Hưng ($Q_2^{1-2}hh$): Lộ với diện tích lớn ở tỉnh Hải Dương, Hưng Yên, Hà Tây (cũ) còn ở các tỉnh Thái Bình, Nam Định, Hà Nam chỉ gặp chúng qua các lỗ khoan ở độ sâu $5 \div 45$ m. Thành phần chủ yếu gồm sét màu xám trắng, xám xanh, bùn và than bùn màu xám đen hay xám tro nguồn gốc biển, đầm lầy ven biển, hồ, chiều dày $20 \div 45$ m, chứa nhiều tàn tích thực vật phân huỷ kém.

- Hệ tầng Thái Bình (Q_2^3tb): Phân bố ven sông suối thành các dải hẹp, phát triển ở phần trung tâm và phía Đông đồng bằng. Thành phần thạch học gồm cát, cát pha, sét, sét pha, bùn có nhiều nguồn gốc: sông, biển hoặc sông - biển hỗn hợp, đầm lầy lục địa, đầm lầy ven biển, biển tái tạo do gió. Chiều dày $5 \div 10$ m.

- Đệ tứ không phân chia (Q): Là bồi tích sông, sừn tích và tàn tích, có nơi là lũ tích hoặc trầm tích hỗn hợp phân bố trên các sừn ven rìa đồng bằng. Chiều dày $3 \div 5$ m và lớn hơn.

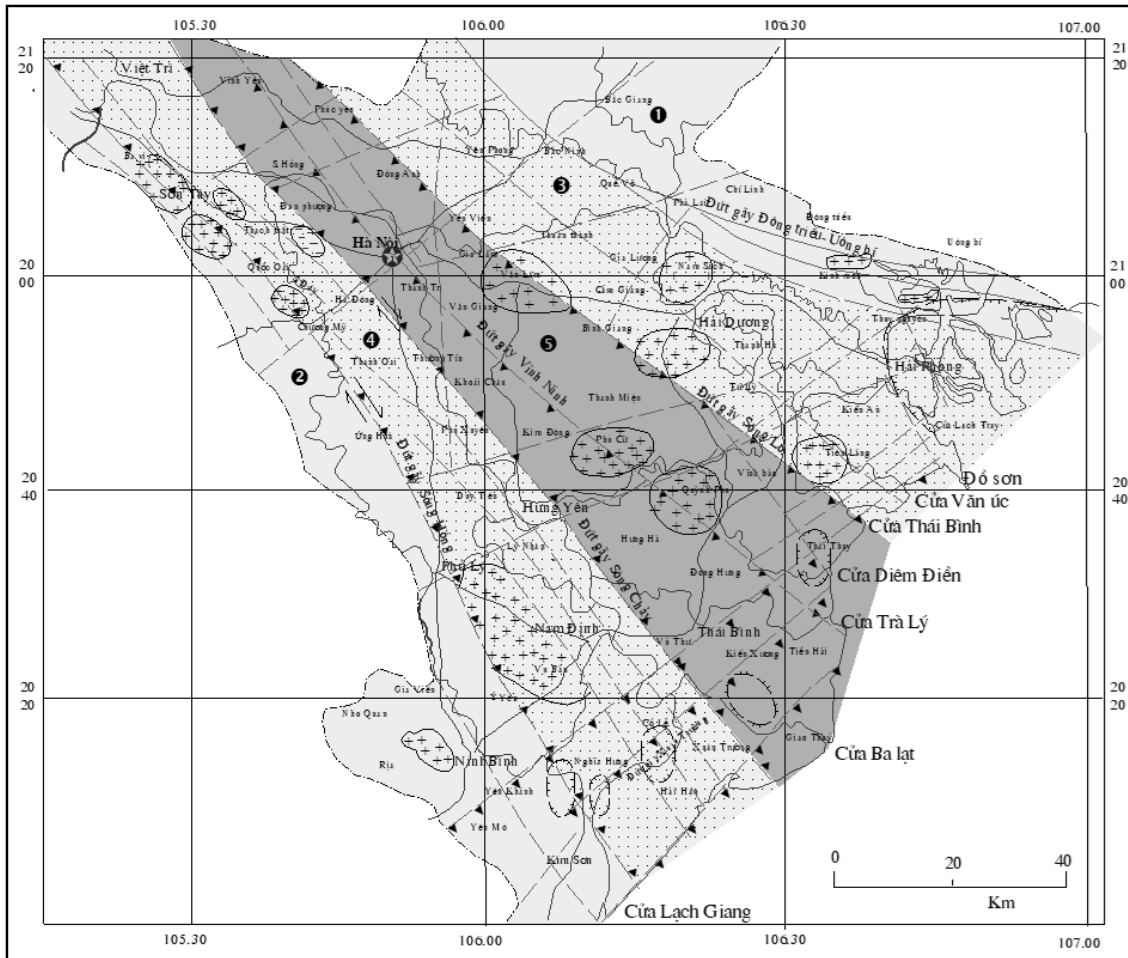


Hình 1: Các thành tạo Đệ tứ vùng ĐBSH (Trần Nghi, 2004)

MN: mực nước; TCN: Tầng chứa nước; PHCN: Phức hệ chứa nước; LTNy: Lớp thấm nước yếu

2.2. Đặc điểm kiến tạo

Trong vùng nghiên cứu có thể phân biệt ba hệ thống đứt gãy chính bao gồm: hệ thống đứt gãy phương TB - ĐN, hệ thống đứt gãy phương ĐB - TN và hệ thống đứt gãy phương á kinh tuyến. Hệ thống đứt gãy TB - ĐN là những đứt gãy sâu, lớn, có tính khống chế, phân chia ĐBSH thành các đới có chế độ hoạt động kiến tạo khác nhau. Còn các đứt gãy phương ĐB - TN đóng vai trò phân bậc đồng bằng, tạo nên bức tranh sứt bậc của toàn đồng bằng ĐBSH theo hướng TB - ĐN. Về mặt kiến tạo, trong phạm vi ĐBSH có thể phân biệt ba vùng kiến trúc lớn: vùng nâng tân kiến tạo, vùng chuyển tiếp và vùng sụt lún (Vũ Nhật Thăng, 1996; Trần Văn Thắng, 2001; Doãn Đình Lâm, 2003).



Theo tài liệu: Đào Văn Thịnh, 1996 (62) ; Trần Văn Thắng, 2001 (63)

CHÚ GIẢI

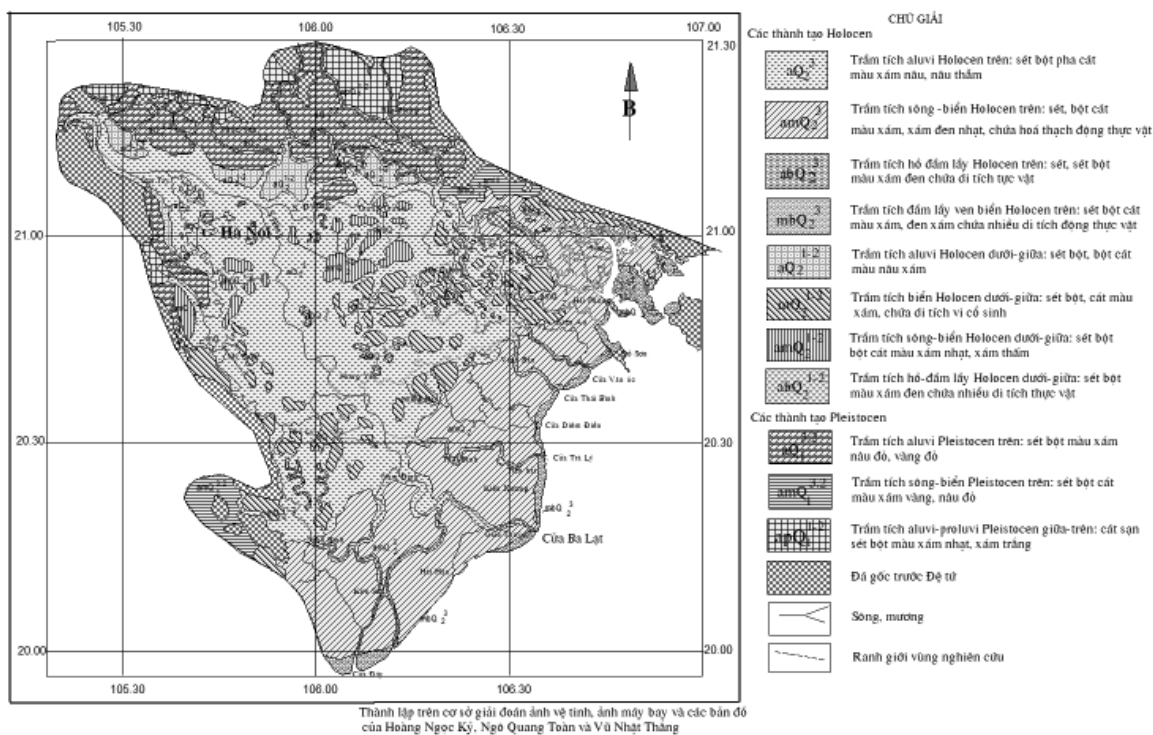
- | | | | |
|--|--|---|--|
| <p>①</p> <p>②</p> <p>③</p> <p>④</p> <p>⑤</p> | <p>Vùng nâng tạo núi TKT</p> <p>Vùng chuyển tiếp</p> <p>Vùng sụt lún trung tâm đồng bằng</p> | <p>① Miền nâng tạo núi Đông bắc</p> <p>② Miền nâng tạo núi Tây bắc</p> <p>③ Đới chuyển tiếp rìa Đông bắc</p> <p>④ Đới chuyển tiếp rìa Tây nam</p> <p>⊕ Khối nâng</p> <p>⊖ Khối sụt</p> <p>⊙ Khu vực nâng địa phương</p> | <p>⊖ Khu vực sụt lún địa phương</p> <p>a ————— a-Xác định</p> <p>b - - - - - b-Dự đoán</p> <p>↔ Hướng cảm đứt gãy</p> <p>⇐⇐⇐ Trượt bằng phải</p> |
|--|--|---|--|

Hình 2: Sơ đồ phân vùng tân kiến tạo ĐBSH

2.3. Quá trình thành tạo trầm tích và tướng trầm tích

Doãn Đình Lâm (2003) đã phân chia trầm tích Holocen thành 22 tướng trầm tích hình thành trong ba giai đoạn phát triển của ĐBSH. Trong đó, giai đoạn aluvi gồm 6 tướng trầm tích; giai đoạn châu thổ gồm 11 tướng trầm tích và giai đoạn

estuary gồm 5 tướng trầm tích. Các tướng trầm tích trên có thể phân ra thành 3 nhóm tướng chính: nhóm tướng lục địa (tướng aluvi, tướng hồ và tướng đầm lầy), nhóm tướng biển và nhóm tướng chuyển tiếp (chuyển tiếp giữa nhóm tướng lục địa và nhóm tướng biển gồm các tướng: vụng, vũng vịnh, cửa sông, tam giác châu).



Hình 3: Bản đồ trầm tích Đệ tứ vùng ĐBSH (Doãn Đình Lâm, 2005)

3. Phương pháp nghiên cứu

3.1. Phương pháp chồng chập các yếu tố ảnh hưởng bằng kỹ thuật GIS để xây dựng bản đồ mức độ ô nhiễm As

Hệ thống tin địa lý (GIS) cho phép xây dựng các phân tích không gian, quản lý, tích hợp và chồng ghép các lớp thông tin. Mô hình phân tích thứ bậc AHP sẽ hỗ trợ cho GIS, tổng hợp các thông tin, gán các trọng số phù hợp nhất cho các yếu tố đã được lựa chọn. Sau khi đã phân cấp và tính trọng số của các yếu tố thì việc tích hợp chúng sẽ cho ta chỉ số đánh giá mức độ ô nhiễm As trong NĐĐ. Mức độ ô nhiễm As trong NĐĐ được tính toán theo công thức của AHP:

$$C_{As} = W_1 * YT1 + W_2 * YT2 + W_3 * YT3 + W_4 * YT4 \text{ (Saaty 1986, 2005)}$$

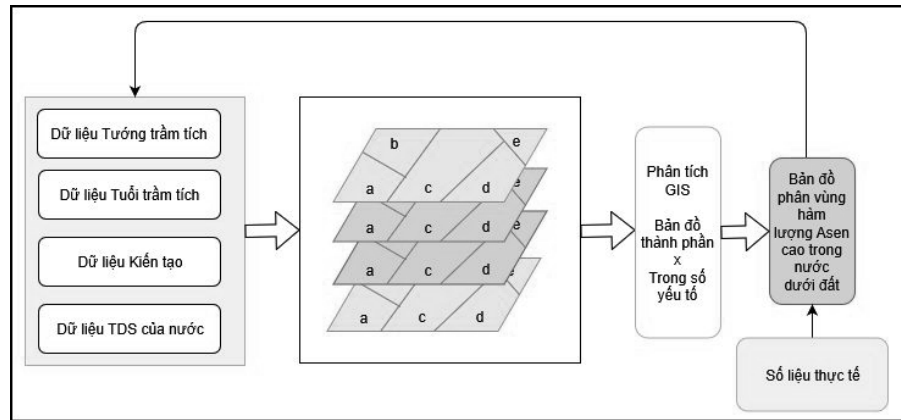
Trong đó:

C_{As} là chỉ số đặc trưng cho hàm lượng As trong NĐĐ

W1, W2, W3, W4: là trọng số phụ thuộc vào mức độ quan trọng của các yếu tố ảnh hưởng.

YT1, YT2, YT3, YT4: là các yếu tố ảnh hưởng (trường trầm tích, tuổi trầm tích, hoạt động nâng hạ kiến tạo, độ mặn của nước lũ rỗng).

Từ kết quả xác định chỉ số C_{As} này, sẽ thành lập được bản đồ dự báo phân vùng hàm lượng As trong NĐĐ và bản đồ này sẽ được kiểm chứng theo số liệu thực tế. Nếu kết quả không phù hợp với số liệu thực tế thì cần phải kiểm tra lại số liệu đưa vào trong mô hình GIS bao gồm số lượng các yếu tố, trọng số của từng yếu tố. Nếu kết quả kiểm chứng khớp với số liệu thực tế chứng tỏ các yếu tố đưa ra cũng như trọng số theo mức độ quan trọng của các yếu tố đưa ra là phù hợp. Sơ đồ thực hiện theo được trình bày như sau:

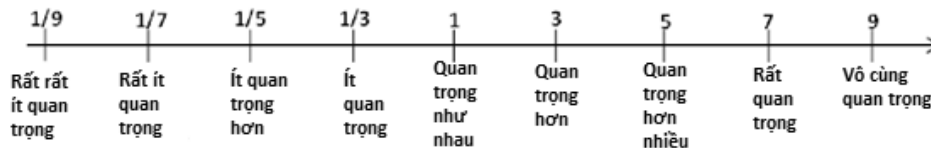


Hình 4: Các bước xây dựng bản đồ phân vùng hàm lượng As trong NDD

3.2. Phương pháp phân tích thứ bậc (AHP)

AHP là phương pháp phân tích thứ bậc được nghiên cứu và phát triển bởi giáo sư Thomas L. Saaty. Phương pháp này giúp người thực hiện đưa ra quyết

định để lựa chọn một phương án phù hợp nhất trên cơ sở xác định và phân tích các yếu tố ảnh hưởng, tác động đến một vấn đề cần giải quyết. Saaty đã đưa ra bảng phân loại mức độ quan trọng của các yếu tố với nhau (Hình 5).



Hình 5: Thang điểm so sánh mức độ quan trọng của các yếu tố

Sự nhất quán trong so sánh các cặp là rất cần thiết. Tỷ số nhất quán (Consistent Ratio - CR) được dùng để xác định mức độ không nhất quán của các nhận định trong phương pháp AHP. Quá trình tính toán chỉ số nhất quán được thực hiện qua các bước sau:

- Xác định vector tổng trọng số bằng cách nhân ma trận so sánh cặp ban đầu với ma trận trọng số của các yếu tố ảnh hưởng.
- Xác định vector nhất quán bằng cách chia vector tổng trọng số cho trọng số của các yếu tố đã được xác định trước đó.
- Tính giá trị riêng lớn nhất (λ_{max}) bằng cách lấy giá trị trung bình của vector nhất quán;

Chỉ số nhất quán (Consistency Index - CI) là chỉ số đo lường mức độ lệch hướng nhất quán và được xác định theo công thức:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

Trong đó:
 λ_{max} là giá trị trung bình của vector nhất quán;
 n là số tiêu chí.

Tỉ số nhất quán CR được tính theo công thức sau:

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

Trong đó:
 RI là chỉ số ngẫu nhiên và phụ thuộc vào số yếu tố được so sánh với nhau và được xác định bởi bảng dưới:

Bảng 1. Bảng chỉ số ngẫu nhiên RI (Saaty, 2008)

N	1	2	3	4	5	6
RI	0	0	0,25	0,89	1,11	1,25
N	7	8	9	10	11	12
RI	1,35	1,4	1,45	1,49	1,52	1,54

Nghiên cứu

Nếu giá trị CR nhỏ hơn 10% thì kết quả có thể chấp nhận được, ngược lại nếu CR lớn hơn hoặc bằng 10% thì phải xem xét lại các bước trước đó (Saaty 1986, 2000, 2005) [14, 15, 16]. Sau khi có trọng số của từng yếu tố ảnh hưởng nhất định, sử dụng công cụ GIS để tiến hành đánh giá phân vùng cho điểm cho từng yếu tố cụ thể và tính toán cho điểm tổng bằng cách chồng ghép các bản đồ thành phần.

4. Kết quả nghiên cứu

4.1. Xây dựng các thang điểm cho các yếu tố địa chất ảnh hưởng đến As trong NĐĐ

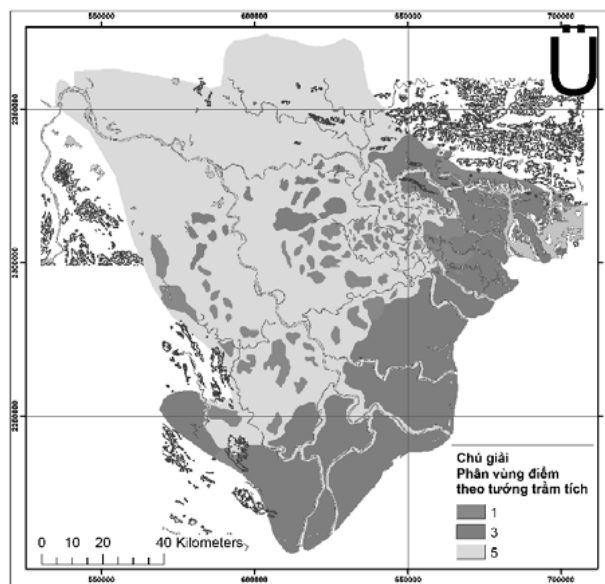
Trên cơ sở chỉ số dự báo hàm lượng As trong NĐĐ được xác định ở trên, cần xác định thang điểm cho từng yếu tố: tương trầm tích, tuổi trầm tích, kiến tạo và độ mặn của NĐĐ.

Bảng 2. Bảng thiết lập thang điểm dựa theo tương trầm tích

Nhóm tương	Lục địa	Chuyển tiếp	Biển
	Sông, hồ, đầm lầy	Sông biển, đầm lầy biển	Biển
Điểm	5	3	1

- Thang điểm cho tương trầm tích: Đối với nhóm tương lục địa gồm các tương sông, hồ, đầm lầy là nơi giàu oxy có môi trường oxy hóa As bị hấp phụ lên bề mặt các trầm tích, theo thời gian những sông, hồ này bị chôn vùi tạo thành môi trường khử, As bị hấp phụ được giải phóng ra trong NĐĐ. Đối với nhóm tương biển, As trong NĐĐ có liên hệ với quá trình khử SO_4 làm As bị kết tủa trong sắt sunfua do đó hàm lượng As trong NĐĐ thấp (Søren Jessen, 2008). Đối với nhóm tương chuyển tiếp gồm các tương sông biển, đầm lầy biển có điều kiện thành tạo trung gian giữa hai nhóm tương do đó lựa chọn thang điểm ở mức giữa hai nhóm. Bản đồ thang điểm theo nhóm tương trầm tích được thể hiện ở Bảng 2 và Hình 6.

Hình 6: Phân vùng điểm theo tương trầm tích (thành lập trên cơ sở sơ đồ trầm tích Độ tứ ĐBSH (Doãn Đình Lâm 2003))



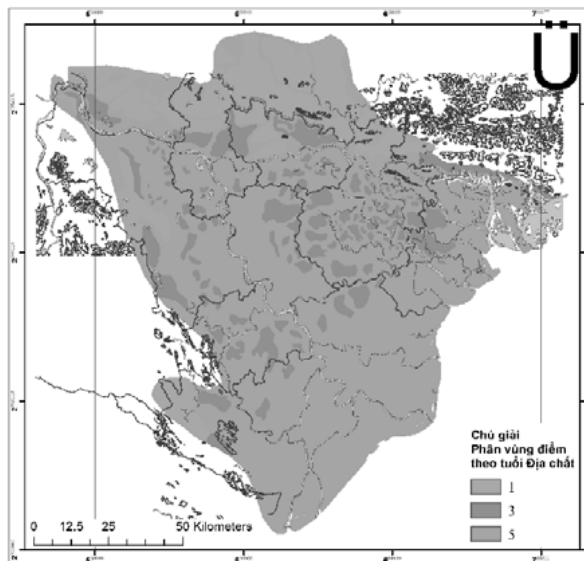
- Thang điểm cho tuổi trầm tích: Hàm lượng As trong NĐĐ vùng ĐBSH có chịu ảnh hưởng của tuổi địa chất, đối với trầm tích có tuổi càng già thì hàm lượng As càng thấp và trầm tích có tuổi càng trẻ thì

hàm lượng As càng cao (Dieke Postma, 2012). Trên cơ sở bản đồ Độ tứ của (Doãn Đình Lâm, 2003) nhóm tác giả phân thang điểm theo tuổi trầm tích thành 3 thang điểm như Bảng 3 và Hình 7.

Bảng 3. Bảng thiết lập thang điểm theo tuổi trầm tích

Tuổi	Q_3 (<3 nghìn năm)	Q_{1-2} (3 nghìn – 10 nghìn năm)	Q_1 (>10 nghìn năm)
Điểm	5	3	1

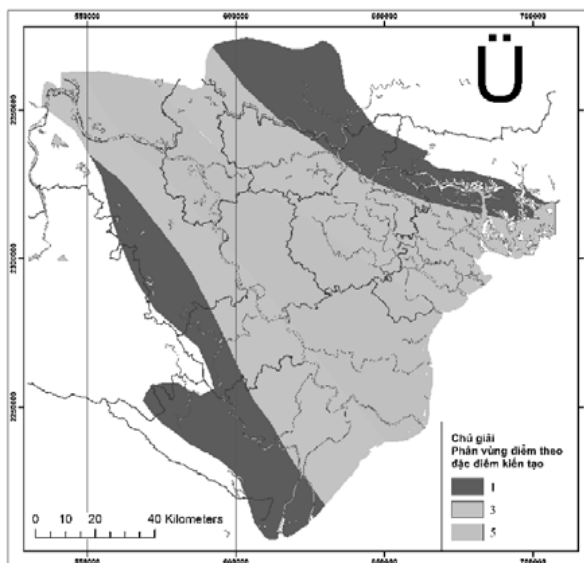
Hình 7: Phân vùng điểm theo đặc điểm tuổi Địa chất (thành lập trên cơ sở sơ đồ trầm tích Độ tít ĐBSH của Doãn Đình Lâm, 2003)



Bảng 4. Bảng thiết lập thang điểm theo ảnh hưởng kiến tạo

Kiến tạo	Đới hạ	Đới chuyển tiếp	Đới Nâng
Điểm	5	3	1

Hình 8: Phân vùng điểm theo đặc điểm kiến tạo (Đào Văn Thịnh, 1996 và Trần Văn Thắng, 2001)



- Thang điểm theo ảnh hưởng kiến tạo: nhóm tác giả phân làm 3 thang điểm ứng với các đới nâng, hạ và chuyển tiếp (Bảng 4). Trong đó hoạt động nâng kiến tạo làm giàu oxy trong môi trường NĐĐ làm As dễ bị hấp phụ vào trong các trầm tích, giảm hàm lượng As trong NĐĐ. Đối với hoạt động hạ kiến tạo thì ngược lại,

làm cho NĐĐ bị chìm sâu hơn, tăng môi trường hiếm khí và làm tăng quá trình giải phóng As trong trầm tích. Nhóm tác giả phân vùng thang điểm đối với vùng ĐBSH như Hình 8.

- Thang điểm theo độ các chất rắn hòa tan (TDS) của nước: TDS của nước được chia làm 3 thang điểm ứng với hàm lượng

Nghiên cứu

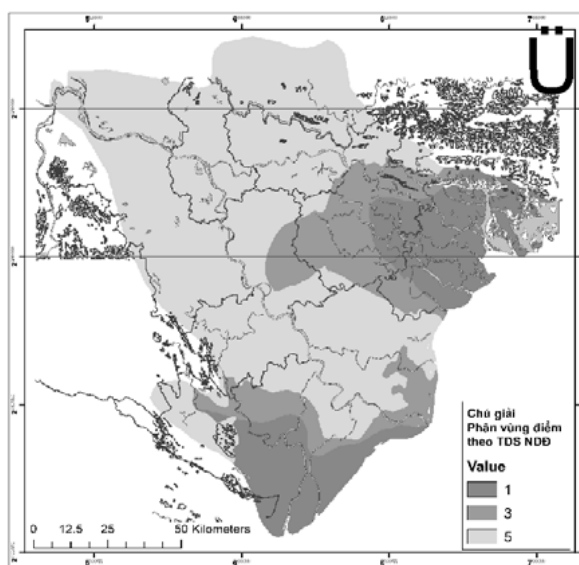
TDS của NĐĐ gồm nước nhạt (<1g/l), nước lợ (1 - 3g/l) và nước mặn (>3g/l). Đối với nước có hàm lượng TDS càng cao thì càng có liên quan đến quá trình biến tiến, biến thoái trong quá khứ, hàm lượng As có liên quan đến quá trình khử SO₄ trong NĐĐ do đó đối với nước có các chất rắn hòa tan cao thì hàm lượng As càng thấp và

ngược lại. Trên cơ sở bản đồ phân vùng mặn nhạt đồng bằng Bắc Bộ của (Nguyễn Thị Hạ, 2006) và số liệu quan trắc của mạng quan trắc quốc gia năm 2018, kết quả đo EC giếng nhà dân của dự án “Điều tra, đánh giá khả năng tự bảo vệ các TCN vùng duyên hải đồng bằng Bắc Bộ” (Nguyễn Văn Giang, 2018).

Bảng 5. Bảng thiết lập thang điểm theo TDS của nước trong TCN

Nước trong trầm tích	Nước nhạt (<1g/l)	Nước lợ (1-3g/l)	Nước mặn (>3g/l)
Điểm	5	3	1

Hình 9: Phân vùng điểm theo TDS của NĐĐ TCN Holocen



Nguồn: Trung tâm Quy hoạch và Điều tra tài nguyên nước quốc gia

4.2. Xác định và tính trọng số các yếu tố ảnh hưởng đến nồng độ As trong NĐĐ

a. Xây dựng ma trận mức độ quan trọng giữa các yếu tố

Để xác định được trọng số W cho từng yếu tố ảnh hưởng, cần xây dựng ma trận mức độ quan trọng đối với các yếu tố ảnh hưởng. So sánh mức độ quan trọng giữa các cặp yếu tố được thực hiện định tính bằng nhiều cách như: xin ý kiến chuyên gia, dựa trên cơ sở các nghiên cứu trước đây để xác định ảnh hưởng của yếu tố nào quan trọng hơn, dựa trên số liệu, tài liệu thực tế để kiểm chứng lại kết quả. Ở đây,

nhóm tác giả dựa trên cơ sở các kết quả nghiên cứu trước đây đã trình bày ở mục 3.1 có thể thấy các yếu tố ảnh hưởng đến nồng độ As trong NĐĐ bao gồm 4 yếu tố chính: môi trường thành tạo - tương trầm tích, tuổi trầm tích, độ mặn của nước lỗ rỗng và hoạt động kiến tạo. Kết quả chạy mô hình số nghiên cứu ảnh hưởng của quá trình địa chất đến nồng độ As trong NĐĐ cho thấy 2 nhân tố chính ảnh hưởng nhiều nhất đến nồng độ As trong NĐĐ là môi trường thành tạo - tương trầm tích và tuổi trầm tích sau đó mới đến các yếu tố khác như độ mặn của nước lỗ, hoạt động kiến tạo của NĐĐ.

Bảng 6. Ma trận mức độ quan trọng đối với các yếu tố [A]

TT	Yếu tố	Tương trầm tích (YT1)	Tuổi trầm tích (YT2)	Độ mặn của nước lỗ rỗng (YT3)	Kiến tạo (YT4)
1	Tương trầm tích (A)	1,0	1,0	2,0	6,0
2	Tuổi trầm tích (B)	1,0	1,0	2,0	6,0
3	Độ mặn của nước lỗ rỗng	0,5	0,5	1,0	4,0
4	Kiến tạo (D)	0,2	0,2	0,3	1,0
Tổng		2,7	2,7	5,3	17,0

b. Xác định trọng số cho từng yếu tố

Trên cơ sở mức quan trọng sẽ tính được trọng số. Bảng kết quả trọng số được thể hiện ở bảng sau:

Bảng 7. Ma trận biến đổi & Trọng số [B]

TT	Yếu tố	Tương trầm tích (YT1)	Tuổi trầm tích (YT2)	Kiến tạo (YT3)	Độ mặn của nước lỗ rỗng (YT4)	Trọng số W
1	Tương trầm tích (A)	0,38	0,38	0,38	0,35	0,37
2	Tuổi trầm tích (B)	0,38	0,38	0,38	0,35	0,37
3	Độ mặn của nước lỗ rỗng	0,19	0,19	0,19	0,24	0,20
4	Kiến tạo	0,06	0,06	0,05	0,06	0,06
Tổng		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

c. Kiểm tra tính phù hợp của trọng số

Để kiểm tra tính phù hợp của trọng số được xác định bằng vector tổng trọng số và vector nhất quán.

- Vector trọng số là ma trận [C] được tính bằng $[C]=[A]*[B]$.

Bảng 8. Vector trọng số [C] xác định theo các yếu tố

Tương trầm tích (YT1)	1,489495798
Tuổi trầm tích (YT2)	1,489495798
Độ mặn của nước (YT3)	0,802608543
Kiến tạo (nâng, hạ) (YT4)	0,231566585

- Vector nhất quán [D] được tính theo công thức $= [C]/[B]$.

Bảng 9. Vector nhất quán [D] được xác định theo các yếu tố

Tương trầm tích (YT1)	4,015101
Tuổi trầm tích (YT2)	4,015101
Độ mặn của nước (YT3)	4,009182
Kiến tạo (nâng, hạ) (YT4)	4,002143
λ_{max}	4,010382

- Chỉ số nhất quán $CI = 0.003460707$

- RI là chỉ số ngẫu nhiên ứng với 4 yếu tố, tra bảng $RI = 0,89$

- Tỉ số nhất quán $CR = 0,0389 \leq 0,1$

Như vậy chỉ số dự báo mức độ ô nhiễm As trong NĐĐ sẽ được viết như sau:

$$C_{As} = 0,37*YT1 + 0,37*YT2 + 0,2*YT3 + 0,06*YT4$$

Trong đó:

YT1: yếu tố tương trầm tích

YT2: yếu tố tuổi trầm tích Đệ tứ.

YT3: yếu tố độ mặn của nước lỗ rỗng.

YT4: yếu tố kiến tạo địa chất.

4.3. Thành lập các bản đồ đánh giá ảnh hưởng của các yếu tố địa chất đến hàm lượng As trong NĐĐ

Trên cơ sở bản đồ cho điểm của từng yếu tố (tương trầm tích, tuổi trầm tích, kiến tạo, TDS của NĐĐ), chỉ số dự báo mức độ ô nhiễm As (C_{As}) trong NĐĐ được tính bằng điểm số của yếu tố ảnh hưởng nhân với trọng số, sau đó chồng chập bản đồ trên GIS theo công thức đã xác định được ở trên.

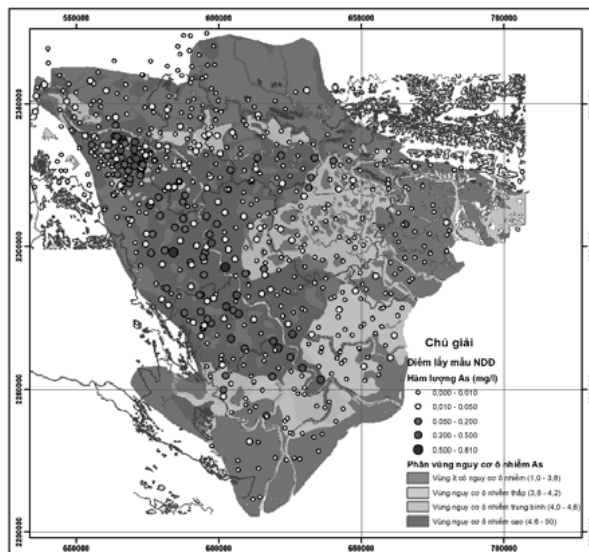
Kết quả thành lập được bản đồ phân vùng mức độ ô nhiễm As trong NĐĐ và bản đồ này sẽ được kiểm trùng theo số liệu

Nghiên cứu

thực tế lấy mẫu nước và phân tích hàm lượng As trong NĐĐ của các dự án giai đoạn trước (Winkel, 2011), (Flemming Larsen, 2008) và các công trình quan trắc thuộc mạng quan trắc quốc gia năm 2018

(Hình 10). Kết quả cho thấy bản đồ phân vùng mức độ ô nhiễm As trong NĐĐ được xác định theo các yếu tố ảnh hưởng là các quá trình địa chất khá phù hợp.

Hình 10: Bản đồ so sánh mức độ ô nhiễm As theo mô hình chồng chập các yếu tố ảnh hưởng và kết quả điều tra hàm lượng As trong NĐĐ



5. Thảo luận

Bản đồ mức độ ô nhiễm As NĐĐ vùng ĐBSH trên cơ sở 4 yếu tố địa chất chính gồm tướng trầm tích, tuổi trầm tích, kiến tạo và độ mặn của NĐĐ cho thấy vùng có nguy cơ ô nhiễm As cao trong NĐĐ phân bố chủ yếu ở khu vực trầm tích trẻ phân bố dọc hai bên sông Hồng và sông Đuống phân bố chủ yếu ở các tỉnh như Hà Nội, Hà Nam, Hưng Yên. Vùng ít có nguy cơ và nguy cơ ô nhiễm thấp phân bố chủ yếu ở các vùng có tuổi trầm tích già phân bố ở phía Bắc sông Hồng, sông Đuống và các vùng trầm tích có nguồn gốc trầm tích biển nơi NĐĐ có độ tổng khoáng hóa cao như phía Nam tỉnh Nam Định, phía Đông các tỉnh Thái Bình và Hải Phòng. Về hạn chế của phương pháp kết quả phân chia thang điểm tuổi địa chất dựa theo bản đồ trầm tích Đệ tứ theo Doãn Đình Lâm (2005) mới phân chia tuổi địa chất thành 3 khoảng: trầm tích Q_2^3 (<3 nghìn năm); trầm tích Q_2^{1-2} (3 - 10 nghìn năm) và Q_1 (trên 10 nghìn năm) nên còn hạn chế trong việc phân vùng dự báo mức độ ô nhiễm As trong NĐĐ. Để kết quả

nghiên cứu được chính xác hơn cần có kết quả nghiên cứu chi tiết hơn về tuổi địa chất trong giai đoạn Q_2^3 (< 3 nghìn năm) đặc biệt là đối với trầm tích có tuổi dưới 1 nghìn năm ở dọc các sông hiện tại.

6. Kết luận

Kết quả nghiên cứu tích hợp mô hình phân tích thứ bậc (AHP) vào GIS để xây dựng bản đồ nguy cơ ô nhiễm As là một trong các phương pháp tiếp cận hiện đại và hiệu quả. Quá trình tính toán xây dựng bộ chỉ số để thành lập các bản đồ các yếu tố ảnh hưởng, phân vùng mức độ ô nhiễm As được thực hiện theo một hệ thống đánh giá logic và khoa học dựa trên công nghệ GIS. Việc cho điểm, tính trọng số cho từng yếu tố địa chất bằng phương pháp AHP đã loại bỏ được phần nào tính chủ quan và tính không nhất quán khi đánh giá ảnh hưởng của các yếu tố. Sử dụng phương pháp AHP đã đánh giá được mức độ ảnh hưởng của 4 yếu tố: môi trường thành tạo - tướng trầm tích, tuổi trầm tích Đệ tứ, độ mặn nước lỗ rỗng và yếu tố kiến tạo địa chất với các trọng số tương ứng: 0,37; 0,37; 0,2; 0,06. Bản đồ mức độ ô nhiễm As cũng được chia

thành 4 cấp nguy cơ: ít có nguy cơ ($1 < C_{As} < 3,8$), nguy cơ thấp ($3,8 < C_{As} < 4,2$), nguy cơ trung bình ($4,2 < C_{As} < 4,6$), nguy cơ cao ($4,6 < C_{As} < 5$). Kết quả nghiên cứu trên cũng cho thấy rằng các quá trình địa chất (môi trường thành tạo trầm tích, hoạt động kiến tạo, môi trường nước (nhạt, lợ, mặn) và tuổi địa chất có ảnh hưởng lớn đến hàm lượng As trong NĐĐ giai đoạn hiện tại.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Nguyễn Văn Giang (2018). *Báo cáo kết quả dự án “Điều tra, đánh giá khả năng tự bảo vệ các tầng chứa nước vùng duyên hải đồng bằng Bắc Bộ (các tỉnh Thái Bình, Nam Định và Ninh Bình)”*. Trung tâm Chất lượng và Bảo vệ tài nguyên nước, Trung tâm Quy hoạch và Điều tra tài nguyên nước quốc gia, Hà Nội.

[2]. Nguyễn Thị Hạ (2006). *Sự hình thành thành phần hoá học nước dưới đất trong trầm tích Đệ tứ vùng đồng bằng Bắc Bộ và ý nghĩa của nó đối với cung cấp nước*.

[3]. Nguyễn Như Khuê (2012). *Nghiên cứu quá trình giải phóng Asen từ trầm tích trẻ ven sông. Hà Nội*, Thạc sỹ, Đại học khoa học tự nhiên.

[4]. Nguyễn Vũ Kỳ (2018). *Ứng dụng phương pháp Analytical Hierarchy Process (AHP) của Saaty trong nghiên cứu phân vùng thích nghi cho cây trồng*. Viện khoa học kỹ thuật nông lâm nghiệp Tây Nguyên.

[5]. Doãn Đình Lâm (2003). *Lịch sử tiến hóa trầm tích Holocen cấu trúc sông Hồng*. Luận án Tiến sĩ Địa chất, Thư viện Quốc gia, Hà Nội.

[6]. Doãn Đình Lâm (2005). *Tiến hóa trầm tích Holocen châu thổ sông Hồng*. Hà Nội.

[7]. Đỗ Minh Ngọc, Đặng Thị Thùy và Đỗ Minh Đức (2016). *Ứng dụng GIS và phương pháp phân tích thứ bậc (AHP) thành lập bản đồ nguy cơ trượt lở huyện Xín Mần, tỉnh Hà Giang, Việt Nam*. Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Các Khoa học Trái đất và Môi trường, 32, tr. 206 - 216.

[8]. Phạm Quý Nhân (2008). *Nguồn gốc và sự phân bố amoni và asenic trong các tầng chứa nước đồng bằng sông Hồng*. Trường Đại học Mỏ - Địa chất Hà Nội.

[9]. Trần Văn Thắng (2001). *Hoàn cảnh địa động lực hiện đại cánh Tây nam đứt gãy*

sông Hồng. Báo cáo khoa học. Lưu trữ Viện Địa chất, Hà Nội.

[10]. Vũ Nhật Thăng (1996). *Địa chất và khoáng sản nhóm từ Thái Bình - Nam Định*. Báo cáo tổng kết phương án đo vẽ bản đồ địa chất tỉ lệ 1:50.000. Lưu trữ Viện Thông tin Lưu trữ và Bảo tàng Địa chất, Hà Nội.

[11]. Søren Jessen, Flemming Larsen, Dieke Postma, Phạm Hưng Việt, Nguyễn Thị Hạ, Phạm Quy Nhan, Dang Duc Nhan, Mai Thanh Duc, Nguyễn Thị Minh Hue và Trieu Duc Huy (2008). *Palaeo-hydrogeological control on groundwater As levels in Red River delta, Vietnam*. Applied Geochemistry, 23(11), tr. 3116 - 3126.

[12]. Flemming Larsen, Nhan Quy Phạm, Nhan Duc Dang, Dieke Postma, Søren Jessen, Viet Hung Phạm, Thao Bach Nguyen, Huy Duc Trieu, Luu Thi Tran và Hoan Nguyen (2008). *Controlling geological and hydrogeological processes in an arsenic contaminated aquifer on the Red River flood plain, Vietnam*. Applied Geochemistry, 23(11), tr. 3099 - 3115.

[13]. Dieke Postma, Flemming Larsen, Nguyễn Thị Thai, Phạm Thị Kim Trang, Rasmus Jakobsen, Phạm Quy Nhan, Tran Vu Long, Phạm Hưng Việt và Andrew S Murray (2012). *Groundwater arsenic concentrations in Vietnam controlled by sediment age*. Nature Geoscience, 5(9), tr. 656.

[14]. Thomas L Saaty (2005). *Analytic hierarchy process*. Encyclopedia of Biostatistics, 1.

[15]. Thomas L Saaty (1986). *Axiomatic foundation of the analytic hierarchy process*. Management science, 32(7), tr. 841 - 855.

[16]. Thomas L Saaty (2000). *Fundamentals of decision making and priority theory with the analytic hierarchy process*. Vol. 6, RWS publications.

[17]. Lenny HE Winkel, Phạm Thị Kim Trang, Vi Mai Lan, Caroline Stengel, Manouchehr Amini, Nguyễn Thị Hạ, Phạm Hưng Việt và Michael Berg (2011). *Arsenic pollution of groundwater in Vietnam exacerbated by deep aquifer exploitation for more than a century*. Proceedings of the National Academy of Sciences, 108(4), tr. 1246 - 1251.

BBT nhận bài: 02/3/2020; Phản biện
xong: 17/3/2020