

NGHIÊN CỨU HIỆN TRẠNG PHÂN BỐ TỔNG ĐỘ KHOÁNG HÓA TẦNG CHỨA NƯỚC PLEISTOCEN KHU VỰC VEN BIỂN TỈNH NAM ĐỊNH

Trịnh Hoài Thu^{1*}, Nguyễn Như Trung¹, Đỗ Văn Thăng¹, Vũ Văn Mạnh², Nguyễn Thu Hằng²

¹Viện Địa chất và Địa vật lý biển-Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

²Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội

*E-mail: hoaithu0609@hotmail.com

Ngày nhận bài: 19-10-2015

TÓM TẮT: *Xâm nhập mặn nước dưới đất khu vực ven biển tỉnh Nam Định đã và đang gây ra nhiều ảnh hưởng tiêu cực đến hoạt động kinh tế và đời sống dân sinh. Việc xác định phân bố tổng độ khoáng hóa và ranh giới mặn nhạt ở khu vực ven biển là cần thiết, có ý nghĩa về mặt khoa học và thực tiễn, nhất là trong hoạch định chính sách và giải pháp quản lý tài nguyên nước dưới đất. Trên cơ sở phân tích các mẫu nước và xây dựng các phương trình tương quan giữa độ dẫn điện của nước trong tầng chứa nước (nước tầng), tổng độ khoáng hóa và hàm lượng Clorua (Cl⁻) bằng phân tích variogram (dựa trên sự phân bố không gian của các điểm mẫu) trong ứng dụng phương pháp nội suy Kriging, đã thành lập được bản đồ hiện trạng phân bố TDS tầng chứa nước Pleistocen cho toàn bộ khu vực nghiên cứu. Bản đồ hiện trạng này cho thấy, nước nhạt dưới đất phân bố chủ yếu ở khu vực phía nam và một phần nhỏ ở khu vực phía bắc của tỉnh Nam Định.*

Từ khóa: *Xâm nhập mặn, Nam Định, tầng chứa nước Pleistocen.*

MỞ ĐẦU

Tài nguyên nước dưới đất đóng vai trò quan trọng trong việc phát triển đời sống dân sinh cũng như kinh tế của Việt Nam. Tuy nhiên những tác động tiêu cực của xâm nhập mặn do khai thác nước quá mức, do biến đổi khí hậu, hay do nước thải chưa qua xử lý từ nguồn nước bề mặt đã làm gia tăng nguy cơ đe dọa đến nguồn nước ngầm.

Nam Định là một tỉnh nông nghiệp nằm ở phía nam của đồng bằng sông Hồng, với diện tích là 1.669 km². Theo số liệu của Tổng cục thống kê (2013) [1], tổng dân số của tỉnh Nam Định là 1.833.500 người, với mật độ dân số là 1.100 người/km², đứng thứ 7 về dân số các tỉnh thành phố trên toàn quốc. Do dân số đông, nên nhu cầu sử dụng nước ngọt phục vụ cho sinh hoạt và nước uống tăng cao. Ở đây, tầng chứa

nước Pleistocen là tầng có trữ lượng nước lớn, nhưng do bị khai thác quá mức dẫn đến hiện tượng xâm nhập mặn rất nhanh. Theo QCVN01:2009/BYT [2] về việc ban hành Tiêu chuẩn vệ sinh nước ăn uống của Bộ Y tế thì tổng độ khoáng hóa (TDS) phải nhỏ hơn hoặc bằng 1.000 mg/l và Cl⁻ nhỏ hơn hoặc bằng 300 mg/l đối với vùng ven biển.

Trên cơ sở tổng hợp các kết quả nghiên cứu về điều kiện địa chất, địa chất thủy văn ở các giai đoạn trước (chủ yếu từ kết quả “Lập bản đồ địa chất thủy văn 1:50.000 vùng Nam Định” năm 1996 của Nguyễn Văn Độ) có thể phân chia ra các đơn vị ĐCTV từ trên xuống dưới như sau:

Tầng chứa nước lỗ hổng các trầm tích Holocen trên (qh₂);

Các thành tạo nghèo nước Holocen dưới;

Tầng chứa nước lỗ hổng các trầm tích Holocen dưới (qh_1);

Các thành tạo rất nghèo nước Pleistocen trên;

Tầng chứa nước lỗ hổng các trầm tích Pleistocen (qp);

Tầng chứa nước lỗ hổng - khe nứt vỉa các trầm tích Pliocen (n_2).

Nghiên cứu này tập trung vào sự phân bố mặn nhạt của tầng chứa nước Pleistocen có trữ lượng lớn khoảng 300.000 m³/ngày [3]. Nếu xâm nhập mặn được kiểm soát và ngăn chặn một cách có hiệu quả thì nguồn nước dưới đất trong tầng qp có thể được khai thác và sử dụng một cách bền vững.

ĐẶC ĐIỂM ĐỊA CHẤT THỦY VĂN TẦNG CHỨA NƯỚC LỖ HỔNG PLEISTOCEN

Tầng chứa nước Pleistocen phân bố rộng khắp diện tích vùng nghiên cứu nhưng không lộ trên mặt mà chỉ có thể bắt gặp nhờ lỗ khoan. Thành phần thạch học của đất đá chứa nước bao gồm cát sạn sỏi lẫn ít cuội đa khoáng thuộc hệ tầng Vĩnh Phúc (aQ_1^3vp), Hà Nội ($Q_1^{1-2}hn$) và Lê Chi (Q_1^1lc). Chiều dày biến đổi từ 10 m đến 78 m, trung bình 45 m. Nóc tầng chứa nước nằm tiếp dưới các thành tạo chứa nước kém hệ tầng Vĩnh Phúc ($amQ_1^3vp_2$). Đáy tiếp giáp với các trầm tích Neogen, 1 ít ở phía tây có thể nằm trực tiếp lên bề mặt đá vôi T_2a đg.

Nước trong tầng có áp lực, cột áp lực rất lớn từ 50 m đến 70 m, mực nước nằm không sâu cách mặt đất từ 0,0 m đến 2,5 m. Qua kết quả thí nghiệm, các lỗ khoan vào tầng này đều cho lưu lượng lớn. Các lỗ khoan có lưu lượng lớn hơn 5 l/s chiếm 66%. Độ tổng khoáng hóa của nước dưới đất biến đổi trong một khoảng rộng từ nhạt đến mặn. Vùng có độ tổng khoáng hóa lớn hơn 1 g/l nằm ở phía bắc và đông khu vực nghiên cứu, trong đó lớn hơn 3 g/l chiếm diện tích rất nhỏ ở phía đông bắc. Vùng nước có độ tổng khoáng hóa < 1 g/l nằm ở phía tây nam, trong đó vùng giáp biển thuộc các huyện Hải Hậu, Nghĩa Hưng vẫn là nước nhạt. Tầng chứa nước có quan hệ thủy lực yếu với các tầng chứa nước trên nó (qh_2 và qh_1) thể hiện ở chỗ ở tất cả các lỗ khoan bơm thí nghiệm tầng qp, các lỗ khoan quan sát tầng qh_1 và qh_2 không bị ảnh

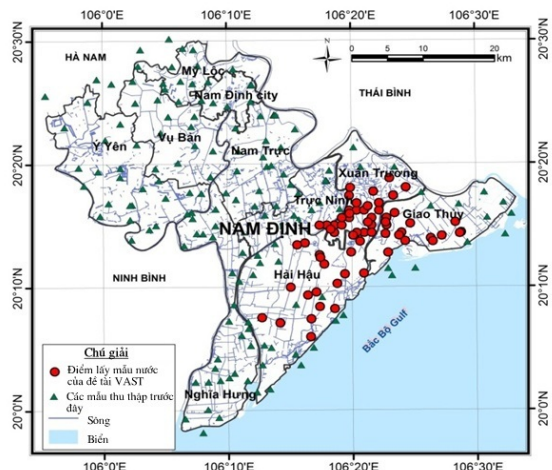
hưởng. Động thái nước dưới đất ít thay đổi, biên độ dao động/năm của mực nước dưới đất chỉ khoảng 0,2 - 0,5 m, độ tổng khoáng hóa và thành phần hoá học của chúng cũng ít biến đổi.

Điều kiện cung cấp cho tầng chứa nước đến nay có nhiều giả thuyết nhưng có thể phân tích để loại trừ một số giả thuyết. Mực nước tầng chứa qp cao hơn các tầng qh_2 và qh_1 , do đó có thể loại trừ khả năng nước cấp từ trên xuống. Như vậy chỉ có thể là nguồn cung cấp từ xa hoặc từ các tầng chứa bên dưới gồm: n, t_2a , pr. Có ý kiến cho rằng nguồn cung cấp chủ yếu ở phía tây bắc trong các trầm tích t_2a vùng Ninh Bình, nước chuyển động theo phương tây bắc - đông nam theo các đứt gãy kiến tạo hoặc các đới Karst, cung cấp lên cho cả tầng chứa nước Neogen và Pleistocen nên đẩy các ranh giới mặn nhạt ra xa lên phía đông bắc và ra phía biển (Nguyễn Văn Độ, 1996).

Tầng chứa nước Pleistocen rất có ý nghĩa trong cung cấp nước, nhất là với vùng ven biển khan hiếm các nguồn nước nhạt, tuy nhiên việc khai thác ở đây đang tự phát, tùy tiện, vì vậy cần được điều tra đánh giá đầy đủ và có quy hoạch khai thác sử dụng một cách hợp lý.

TÀI LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Mẫu nước



Hình 1. Vị trí khu vực nghiên cứu và các điểm lấy mẫu

Bài báo sử dụng 284 mẫu nước trong tầng chứa nước Pleistocen để thành lập bản đồ phân

bổ hàm lượng TDS (hình 1). Trong đó, 204 mẫu ở tất cả các huyện (biểu tượng hình tam giác màu xanh trên bản đồ) được tổng hợp từ các dự án trước đây [4-6]; 80 mẫu còn lại (biểu tượng hình chấm tròn đỏ) được tiến hành lấy mẫu ngoài thực địa vào tháng 7 năm 2014 xung quanh ranh giới mặn-nhạt đã được nghiên cứu trước đây. Các mẫu này được phân tích bằng phương pháp đo độ dẫn điện của nước ngay tại hiện trường và phân tích hóa học hàm lượng TDS và Clorua tại phòng thí nghiệm. Các kết quả phân tích được sử dụng với mục đích chuẩn hóa ranh giới mặn-nhạt khu vực nghiên cứu.

Phân tích mẫu nước xác định TDS

Để xác định hàm lượng TDS, nghiên cứu sử dụng phương pháp sấy khô. Nguyên tắc chung của phương pháp là lọc mẫu nước qua một bộ lọc chuẩn, nước lọc được làm bay hơi trong cốc thủy tinh đã biết trước khối lượng và sấy tới khối lượng không đổi ở nhiệt độ $180 \pm 2^{\circ}\text{C}$. Khối lượng tăng lên của cốc chính là tổng lượng chất rắn hoà tan (TDS).

Ngoài ra, có thể đo trực tiếp độ dẫn điện của nước tăng: tại các vị trí có giếng khoan tiến hành lấy mẫu nước, đo độ dẫn điện của nước và trên cơ sở phương trình quan hệ giữa độ dẫn điện và tổng chất khoáng hòa tan sẽ xác định được tổng chất khoáng hòa tan.

Địa thống kê và phép nội suy Kriging

Việc xác định phân bố TDS tầng chứa nước Pleistocen được thực hiện bằng kỹ thuật nội suy Kriging từ các số liệu tổng hợp, lấy mẫu và phân tích [7, 8]. Kriging là một nhóm phương pháp địa thống kê dùng để nội suy giá trị của một trường ngẫu nhiên tại một điểm chưa biết giá trị từ những giá trị đã biết ở những điểm lân cận.

Để sử dụng được phương pháp nội suy này cần phải tính toán được thông số của Hàm cấu trúc variogram. Theo đó, Hàm cấu trúc variogram được định nghĩa như là một nửa kỳ vọng toán của biến ngẫu nhiên $[Z(x) - Z(x+h)]^2$, nghĩa là:

$$\gamma(h) = E [Z(x) - Z(x+h)]^2$$

Trong đó: $Z(x)$, $Z(x+h)$ là hai đại lượng ở hai điểm nghiên cứu x và $(x+h)$ cách nhau một đoạn h theo một hướng xác định nào đó.

Hàm cấu trúc thực nghiệm được xác định:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x) - Z(x+h)]^2$$

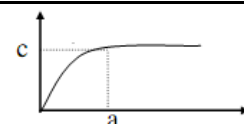
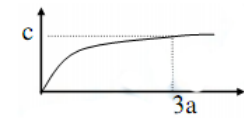
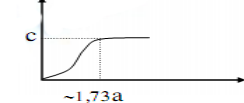
$N(h)$ - số lượng cặp điểm tính toán.

Hàm cấu trúc là một công cụ để định lượng tính ổn định hay liên tục hay sự tương quan không gian của đối tượng nghiên cứu bằng cách nghiên cứu các giá trị bình phương trung bình của hiệu giữa hai giá trị cách nhau một khoảng cách h theo một hướng xác định.

Các bước tiến hành nội suy bằng Kriging

1. Khảo sát các đặc trưng thống kê của tập dữ liệu, đặc biệt chú ý đến tính phân bố chuẩn của dữ liệu. Nếu dữ liệu không có phân bố chuẩn thì phải chuyển dạng dữ liệu để thỏa mãn yêu cầu này.
2. Xây dựng biểu đồ. Biểu đồ phản ánh mối quan hệ giữa sự biến thiên của dữ liệu với khoảng cách giữa các điểm này.
3. Lựa chọn mô hình thích hợp với tập dữ liệu. Quy luật quan hệ của sự biến động của dữ liệu với khoảng cách giữa chúng được xấp xỉ bằng một trong các hàm số đã được xác định trước (hàm cầu, hàm Gauss, hàm lũy thừa, ...) như ở bảng 1.
4. Tiến hành nội suy theo mô hình đã chọn.

Bảng 1. Một số mô hình của tập dữ liệu

Mô hình	Dạng đồ thị
Cầu	
Lũy thừa	
Gauss	

Đánh giá độ tin cậy của kết quả nội suy

Trên thực tế để đánh giá độ tin cậy của kết quả nội suy thường thông qua các phương pháp:

So sánh bản đồ nội suy với các bản đồ đã được thành lập trước đó.

So sánh kết quả nội suy với kết quả khảo sát trực tiếp tại hiện trường.

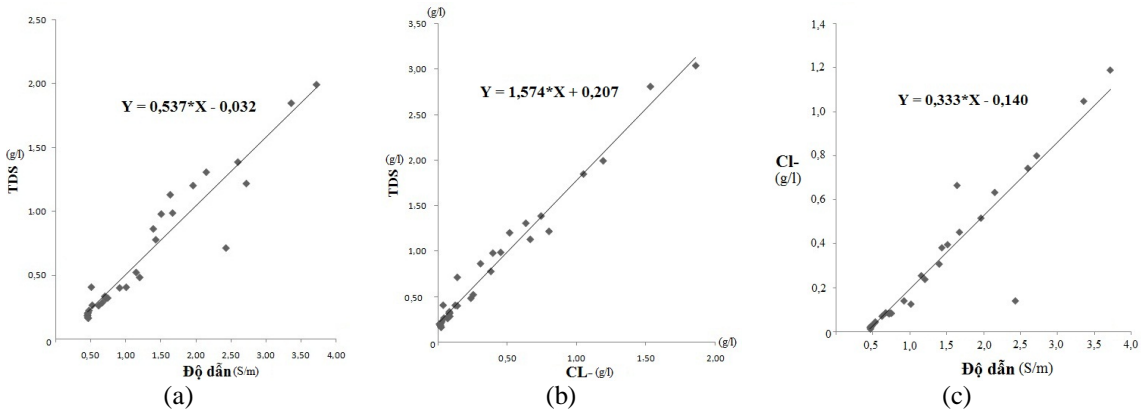
KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Từ các kết quả phân tích tổng chất khoáng hòa tan, hàm lượng Cl^- và độ dẫn của mẫu nước tại các giếng khoan cho phép chúng ta thiết lập được mối tương quan giữa độ dẫn điện của nước trong tầng, tổng chất khoáng hòa tan và Cl^- như trên hình 2.

Mối quan hệ giữa TDS, độ dẫn điện của nước tầng và hàm lượng Cl^-

Mối quan hệ giữa TDS, độ dẫn điện của nước tầng và hàm lượng Cl^- theo từng cặp được mô tả bởi đồ thị và phương trình như hình 2.

Ba phương trình được xây dựng và biểu diễn theo phương trình tuyến tính có hệ số tương quan R^2 rất lớn xấp xỉ 1 và có độ lệch chuẩn đều không vượt quá 15%. Bằng cách tính toán này, nếu một trong 3 giá trị của từng biến trên biết kết quả thì 2 giá trị còn lại sẽ tính toán được mà không cần đo đạc. Hơn nữa, giá trị độ lệch chuẩn còn đảm bảo đầu vào cho mô hình địa chất thủy văn để dự báo các kịch bản nhiễm mặn có thể xảy ra trong tương lai.



Hình 2. Mối quan hệ giữa: a) TDS với độ dẫn điện của nước tầng, $R^2=0,92$, SD (Độ lệch chuẩn)=15%; b) TDS với Cl^- , $R^2=0,98$, SD (Độ lệch chuẩn)=11%; c) Cl^- với độ dẫn điện của nước tầng, $R^2=0,88$, SD (Độ lệch chuẩn)=11%

Bản đồ phân bố hàm lượng Tổng độ khoáng hóa tầng chứa nước Pleistocen

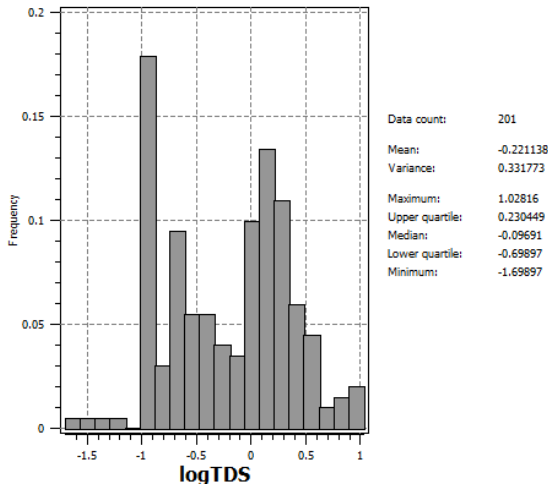
Sự phân bố mặn-nhạt với đường ranh giới $TDS=1$ g/l được nội suy từ các mẫu nước của nghiên cứu trước đây để có cái nhìn tổng quan về xâm nhập mặn.

Trong số 204 mẫu nước kể trên thì có 3 mẫu dường như xuất hiện dị thường và được gỡ bỏ trong quá trình lỗi thô được bỏ đi với khoảng ý nghĩa là 95%.

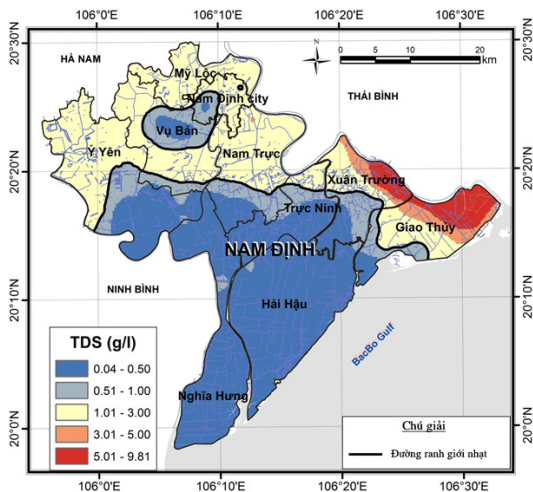
Kết quả phân tích biến động không gian muốn có độ tin cậy cao hơn thì số liệu đầu vào cần có phân phối chuẩn. Cách nhận biết đơn giản nhất để xem chuỗi số liệu có phân bố chuẩn hay không là lập bảng phân phối xác suất

thống kê của tập dữ liệu. Nếu dữ liệu là phân phối chuẩn thì trị trung bình (mean) và trung vị (median) gần bằng nhau (dao động từ -1 đến +1). Do đó, việc chuyển dữ liệu TDS sang hàm logarit TDS với phân bố gần như chuẩn sẽ tốt hơn (hình 3) và độ lệch chuẩn nhỏ từ giá trị cố định (trung bình = -0,221138; phương sai = 0,331773).

Đồ thị Log TDS được tạo ra dựa trên phép nội suy Ordinary Kriging. Sau đó, sử dụng các công cụ toán học trong phần mềm ArcGIS 9.3 tính toán giá trị từng điểm trong lưới grid, và kết quả đã thành lập được bản đồ phân bố hàm lượng TDS tầng Pleistocen vùng nghiên cứu với ranh giới mặn $TDS = 1$ g/l như hình 4.



Hình 3. Phân phối chuẩn của đồ thị LogTDS



Hình 4. Bản đồ phân bố hàm lượng TDS tầng Pleistocen từ tài liệu thu thập trước đây

Bản đồ phân bố tổng độ khoáng hóa sau khi chuẩn hóa

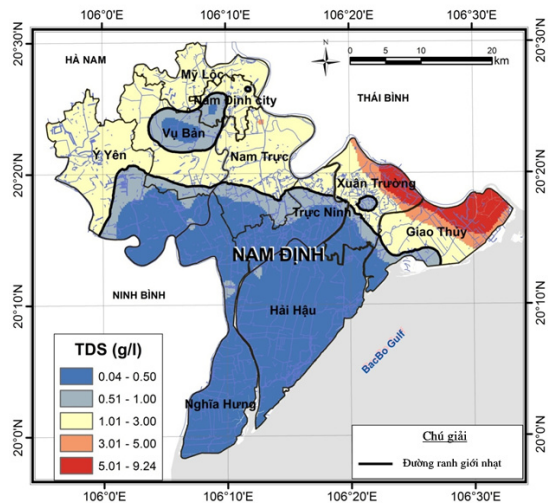
80 mẫu nước được đo đạc vào tháng 7 năm 2014 kết hợp với 201 mẫu của nghiên cứu trước đây được sử dụng chuẩn hóa bản đồ gốc. Kết quả bản đồ hiện trạng phân bố TDS được chuẩn hóa thể hiện trên hình 5.

Theo kết quả tính toán nội suy, TDS thay đổi từ 0,04 g/l đến 9,24 g/l. Phía đông của tỉnh Nam Định (huyện Giao Thủy và một phần huyện Xuân Trường) có hàm lượng TDS cao nhất. Mặc dù gần biển nhưng phần phía nam của tỉnh Nam Định không bị xâm nhập mặn.

Diện tích này chiếm khoảng 772,6 km² (chiếm hơn 1/2 diện tích toàn tỉnh) gồm toàn bộ huyện Hải Hậu và Nghĩa Hưng, phía nam Ý Yên, Nam Trực, Trực Ninh, Xuân Trường và một phần nhỏ huyện Giao Thủy. Khu vực nghiên cứu cũng có một phần nhỏ diện tích nước nhạt nằm ở huyện Vụ Bản và thành phố Nam Định chiếm diện tích khoảng 58,73 km².

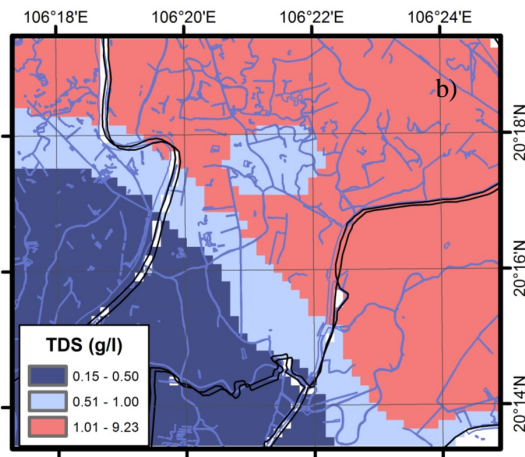
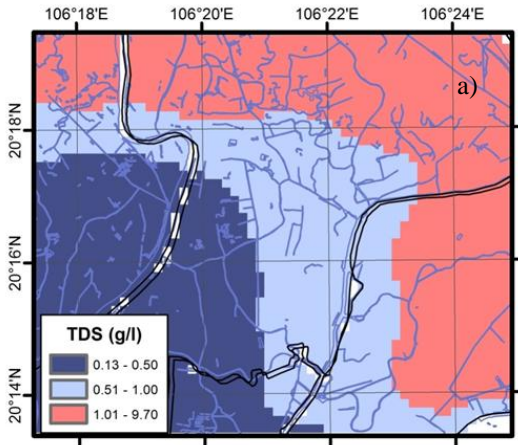
Đối sánh hai bản đồ trước và sau khi chuẩn hóa, có một sự khác nhau rất đáng chú ý là phân bố TDS ở huyện Giao Thủy và Xuân Trường được xác định chi tiết hơn dựa trên kết quả phân tích thêm 80 mẫu đo mới (hình 6).

Trong hai bản đồ trên (hình 4 và hình 5), diện tích phân bố TDS < 0,5g/l và từ 0,5 - 1 g/l là diện tích vùng nước nhạt sử dụng cho ăn uống và sinh hoạt của vùng nghiên cứu. Diện tích nước nhạt ở bản đồ trước chuẩn hóa (hình 4), tức là từ các nguồn số liệu thu thập ở giai đoạn trước là liên tục, với tổng diện tích là 859,76 km², trong khi đó trên bản đồ sau khi chuẩn hóa (hình 5) diện tích vùng nước nhạt lại gián đoạn và nhỏ hơn, với diện tích 831,33 km².

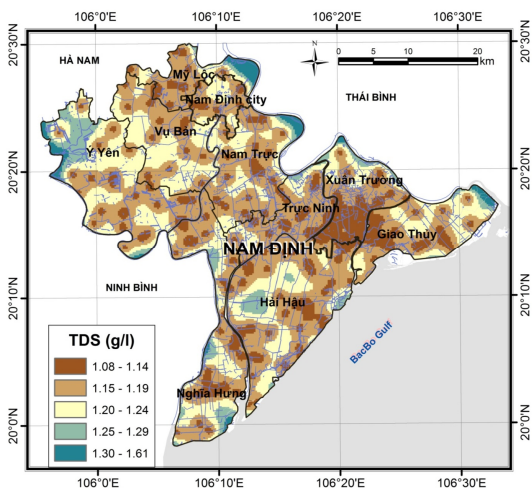


Hình 5. Bản đồ phân bố hàm lượng TDS tầng chứa nước Pleistocen vùng Nam Định

Bản đồ phương sai dự báo (hình 7) được sử dụng để kiểm tra tính chính xác của kết quả nội suy. Bản đồ cho thấy tại các vị trí có các điểm lấy mẫu với mật độ cao thì phương sai sẽ thấp, điều đó có nghĩa là độ chính xác cao hơn.

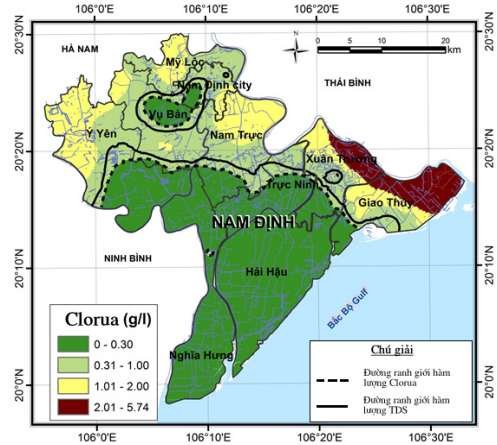


Hình 6. Phân bố TDS trước khi chuẩn hóa (a) và sau khi chuẩn hóa (b)



Hình 7. Phương sai của bản đồ dự báo

Bản đồ phân bố hàm lượng Clorua



Hình 8. Bản đồ phân bố hàm lượng Clorua

Tương tự như bản đồ phân bố hàm lượng TDS, bản đồ phân bố hàm lượng Clorua (hình 8) được xây dựng dựa trên tính toán từng điểm mẫu và sử dụng phương trình tương quan giữa TDS và Cl⁻ (hình 2b).

KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra rằng:

Giá trị TDS tầng chứa nước Pleistocen nằm trong khoảng từ 0,04 g/l đến 9,24 g/l. Diện tích tầng chứa Pleistocen khoảng 831,33 km², phân bố chủ yếu ở phần phía nam và một phần nhỏ trung tâm phía bắc của tỉnh Nam Định. Dựa trên kết quả nghiên cứu đã khoan định được một cách chi tiết các vùng có hàm lượng TDS cao thấp khác nhau trong khu vực nghiên cứu.

Mối quan hệ tuyến tính giữa TDS, độ dẫn điện của nước trong tầng q_p và hàm lượng Clorua được xác định có hệ số tương quan rất cao và độ lệch chuẩn thấp (nhỏ hơn 15%), đó là cơ sở đầu vào cho việc tính toán, nghiên cứu và xây dựng các mô hình dự báo xâm nhập mặn tầng chứa nước Pleistocen ở Nam Định. Bản đồ phân bố hàm lượng Clorua cũng đã được xây dựng dựa trên các công thức tính toán trên.

Lời cảm ơn: Các tác giả xin cảm ơn đề tài VAST: “Nghiên cứu mức độ xâm nhập mặn tầng chứa nước Pleistocen khu vực ven biển Nam Định do khai thác quá mức nước dưới đất”, mã số: VAST06.06/14-15 đã hỗ trợ các điều kiện cần thiết để hoàn thành công trình nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. *Tổng cục Thống kê, 2013.* Niên giám thống kê tỉnh Nam Định năm 2012.
2. *Bộ Y tế, 2009.* QĐ số QCVN 01: 2009/BYT về việc ban hành Tiêu chuẩn chất lượng nước ăn uống của Bộ Y tế.
3. *Nguyễn Văn Đán, 2013.* Nước dưới đất vùng ven biển Nam Định và định hướng điều tra, khai thác sử dụng. Tạp chí Tài nguyên và Môi trường, kỳ 1, tháng 3/2010, 46-49, Hà Nội.
4. *Tống Ngọc Thanh, 2004.* Hiện trạng môi trường nước dưới đất vùng Đồng bằng Bắc Bộ. Tạp chí Địa chất, **280**(1-2): 21-31.
5. *Trịnh Hoài Thu, Nguyễn Như Trung, 2012.* Xác định ranh giới xâm nhập mặn tầng chứa nước Pleistocen khu vực ven biển Đồng bằng sông Hồng theo kết quả phân tích hóa và đo sâu điện. Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển, **12**(4A): 163-170.
6. *Nguyen Nhu Trung and Trinh Hoai Thu, 2013.* Investigation of the saltwater intrusion in the Pleistocene aquifer in the coastal zone of Red River Delta. *Proceedings of the 11th SEGJ International Symposium, Japan.* pp. 134-136, ISSN: 2159-6832, doi: 10.1190/segj112013-034.
7. *P.K. Kitaniadis, 1997,* Introduction to Geostatistics: Applications in Hydrogeology, Cambridge University Press, 249 pages.
8. *Randal Bamed, 2003.* “Variogram Tutorial”, Golden Software Inc.

STUDY CURRENT STATUS OF TDS DISTRIBUTION IN THE PLEISTOCENE AQUIFER IN COASTAL ZONE OF NAM DINH PROVINCE

**Trinh Hoai Thu¹, Nguyen Nhu Trung¹, Do Van Thang¹,
Vu Van Manh², Nguyen Thu Hang²**

¹*Institute of Marine Geology and Geophysics-VAST*

²*University of Science-VNU*

ABSTRACT: Saltwater intrusion has occurred in coastal aquifers in Nam Dinh province, Vietnam, which causes many negative effects on economic activities and especially residential life. Determining fresh-saltwater distribution is therefore necessary for authorities to have fundament to release policies and solutions promptly to prevent this issue. Based on the analysis of samples, 3 regression equations of each couple of the conductivity, total dissolved solids (TDS) and chloride concentration were formulated and displayed on graphs, these can be applied to calculate TDS from available conductivity or chloride concentration values in any areas. Calculating all input data, a variogram was created, which indicates the spatial correlation between points. Then, Kriging interpolation was applied in map-making process. Finally the spatial distribution of fresh and saltwater was delineated. Freshwater regions are located in the southern part and a small area in the north of Nam Dinh province.

Keywords: Saltwater intrusion, Nam Dinh province, Pleistocene aquifer.