

NGHIÊN CỨU NHIỄM MẶN NƯỚC DƯỚI ĐẤT TRONG TRẦM TÍCH ĐỆ TỨ VÙNG CỬA SÔNG VEN BIỂN TỈNH NAM ĐỊNH BẰNG PHƯƠNG PHÁP TRƯỜNG CHUYỂN

HOÀNG VĂN HOAN¹, PHẠM QUÝ NHÂN², FLEMMING LARSEN³,
ANDERS V. CHRISTIANSEN³, KIỀU DUY THÔNG¹, TRẦN VŨ LONG¹

¹Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Đông Ngạc, Từ Liêm, Hà Nội

²Trung tâm Quy hoạch và Điều tra Tài nguyên nước, 93/95, Vũ Xuân Thiều, Sài Đồng, Long Biên, Hà Nội, ³Cục Địa chất Đan Mạch (GEUS), 1350 Copenhagen K, Denmark.

Tóm tắt: Việc sử dụng phương pháp trường chuyển (transient electromagnetic - TEM), kết hợp phân tầng địa chất thủy văn và kết quả phân tích thành phần hóa học nước dưới đất đã làm sáng tỏ sự phân bố mặn - nhạt của nước dưới đất trong các tầng chứa nước trầm tích Đệ tứ vùng cửa sông ven biển (Giao Thủy, Xuân Trường, Trực Ninh và Hải Hậu) tỉnh Nam Định. Trong khuôn khổ bài báo này, các tác giả xin giới thiệu kết quả và khả năng áp dụng phương pháp trường chuyển trong việc xác định hiện trạng nhiễm mặn các tầng chứa nước nói riêng và đới bão hòa nước nói chung. Với 61 điểm đo TEM, bằng cách sử dụng các phần mềm SITEM / SEMDI với mô hình luận giải ba, bốn và năm lớp. Các kết quả phân tích thành phần hóa học của nước dưới đất đóng vai trò là tham số hồi quy và kiểm chứng trong việc xác định ranh giới mặn - nhạt. Kết quả của nghiên cứu đã xác định tiềm năng các tầng chứa nước trầm tích Đệ tứ, đặc biệt là phạm vi phân bố mặn nhạt của tầng chứa nước Pleistocen hệ tầng Hà Nội trong vùng nghiên cứu.

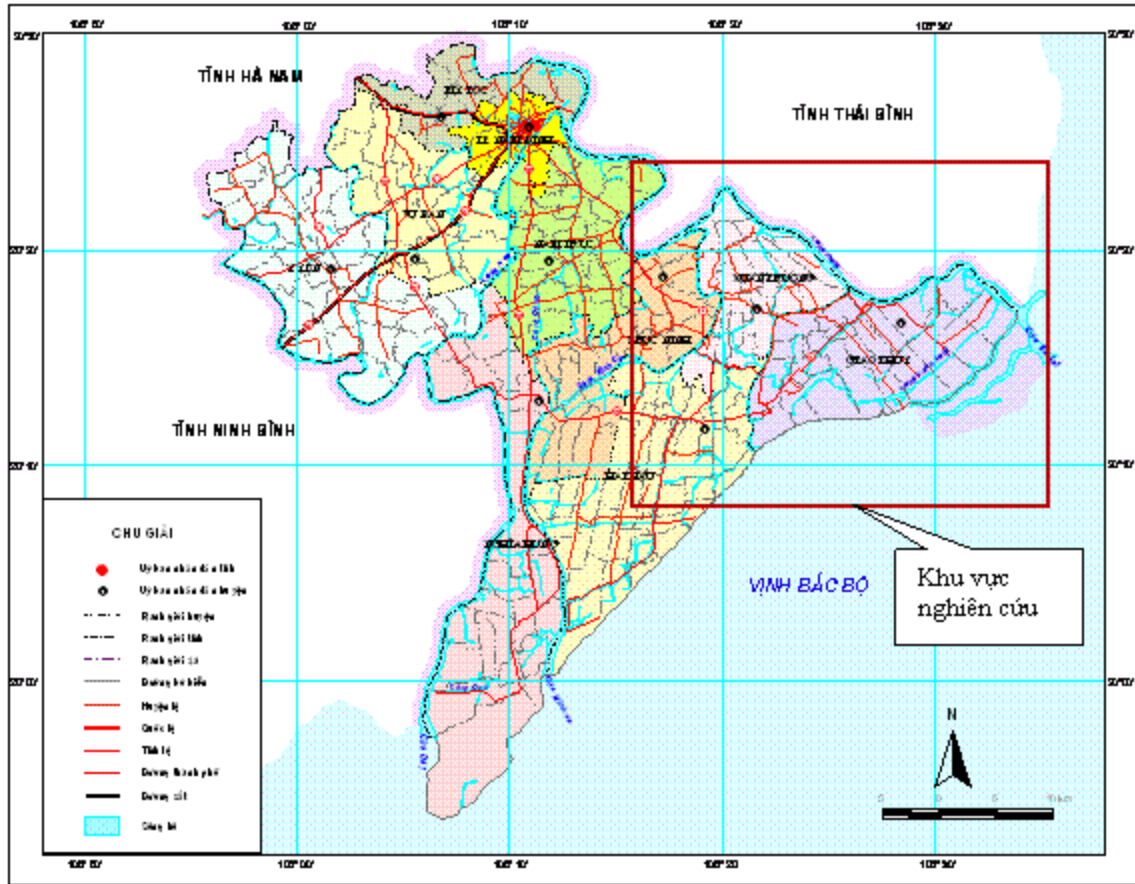
I. MỞ ĐẦU

Nằm ở phía đông đồng bằng Sông Hồng, tỉnh Nam Định có 72 km đường bờ biển, bắt đầu từ cửa Ba Lạt ở huyện Giao Thủy, qua Hải Hậu tới cửa Đáy thuộc huyện Nghĩa Hưng. Tuy là các huyện nằm sát biển, nhưng đây lại là các huyện có tiềm năng khai thác nước dưới đất lớn nhất trong tỉnh, đặc biệt là Hải Hậu. Đã có rất nhiều đề tài, dự án nghiên cứu, đánh giá tiềm năng nước dưới đất và các thấu kính nước nhạt ở dải ven biển này. Nước dưới đất thuộc tầng chứa nước lỗ hổng ở các vùng đồng bằng ven biển là đối tượng nghiên cứu quan trọng vì đây là nguồn cung cấp nước chính cho các thành phố, khu công nghiệp, khu dân cư... [5]. Nghiên cứu địa chất nói chung, địa chất thủy văn nói riêng và đặc biệt là công tác nghiên cứu nhiễm mặn nước dưới đất trầm tích Đệ tứ bằng việc sử dụng phương pháp trường chuyển (TEM) đã được áp dụng rộng rãi trên thế giới và một số nơi ở Việt Nam. Các kết quả công bố chủ yếu áp dụng cho những vùng có sự biến đổi về độ dẫn điện (điện trở suất) của đất đá theo chiều sâu và diện tích. Nghiên cứu, đánh giá mức độ nhiễm mặn nước dưới đất giúp chúng ta tính được lưu lượng khai thác cho từng vùng cụ thể, định hướng chiến lược khai thác và sử dụng bền vững nước dưới đất.

II. GIỚI THIỆU VÙNG NGHIÊN CỨU

1. Vị trí vùng nghiên cứu

Vùng nghiên cứu nằm ở phía đông tỉnh Nam Định (Hình 1), phía bắc và đông bắc giáp tỉnh Thái Bình; phía nam và đông nam giáp Biển Đông. Vùng này trải rộng trên diện tích của 4 huyện là Giao Thủy, Xuân Trường, Trực Ninh và Hải Hậu.



Hình 1. Vị trí khu vực nghiên cứu.

2. Đặc điểm địa chất thủy văn vùng nghiên cứu






a. Tầng chứa nước Holocen thượng (qh_2): Đây là tầng chứa nước thứ nhất kể từ mặt đất, phân bố rộng khắp trong vùng. Tầng chứa nước này nằm trong hệ tầng Thái Bình, có thành phần thạch học là cát, cát sét, sét và cát bột sét chứa các di tích động vật và thực vật màu xám, xám đen, cấu tạo mềm bở [2]. Nước dưới đất tồn tại và vận động trong lỗ hổng của trầm tích. Chiều dày tầng chứa nước Holocen thượng biến đổi 2-28 m, ít khi gặp chiều dày lớn hơn, trung bình là 13,3 m.

Trầm tích hệ tầng Thái Bình nghèo nước, chiều dày mỏng, tuy không có khả năng cung cấp nước cho ăn uống, sinh hoạt ở nơi có nhu cầu lớn, nhưng lại liên quan đến đời sống hàng ngày của nhân dân trong sinh hoạt, trồng trọt và chăn nuôi.

Kết quả phân tích cho thấy thành phần hóa học các mẫu nước biến đổi khá phức tạp, trừ lớp chứa nước trên cùng còn phần lớn nước trong tầng bị nhiễm mặn với tổng khoáng hóa $M > 1$ g/l; vùng nhạt $M < 1$ g/l có diện tích phân bố nhỏ.

b. Tầng chứa nước Holocen hạ (qh_1): Tầng chứa nước qh_1 phân bố rộng khắp vùng, không thấy lộ trên mặt, bao gồm các trầm tích sông - biển, biển - đầm lầy và trầm tích biển thuộc phụ hệ tầng dưới, hệ tầng Hải Hưng. Thành phần thạch học chủ yếu là cát hạt mịn, cát bột sét, sét bột lẫn cát và các thấu kính sét xen kẹp trong các lớp trên. Tầng chứa nước có chiều dày thường biến đổi trong khoảng 1,3-27,5 m, trung bình khoảng 12,25 m. Tầng chứa nước qh_1 nằm kế tiếp với tầng nghèo nước qh_2 , với đáy tầng chứa nước qh_1 nằm tiếp giáp với đất đá cách nước thuộc phần trên của trầm tích hệ tầng Vĩnh Phúc Q_1^3vp , vì vậy tầng chứa nước qh_1 có thể coi là tầng chứa nước áp

lực. Đây là tầng có khả năng chứa nước tương đối tốt, chiều sâu phân bố tương đối nông, thuận lợi cho việc khai thác, nhưng chất lượng nước lại rất kém, nước ở hầu hết các lỗ khoan đều bị mặn, với tổng khoáng hóa biến đổi từ 1,10 g/l đến 30,23 g/l.

Ký hiệu	Cột địa tầng	Mô tả thạch học	Chiều dày trung bình (m)
Q_2^{2nb}		Cát, cát bột sét	15
Q_2^{12hh}		Cát, bột sét, sét	30
Q_1^3vp		Cuội, cát, bột sét	45
Q_1^{23hn}		Cuội, tảng sỏi, sạn, cát, bột sét	60
Q_1^1lc		Cuội, sỏi, cát, bột sét	25

Hình 2. Cột địa tầng tổng hợp khu vực nghiên cứu.

c. Tầng chứa nước Pleistocen (qp): Phân bố rộng khắp trong vùng, không lộ ra trên mặt, do bị các trầm tích trẻ hơn phủ kín. Tầng chứa nước qp bao gồm trầm tích sông hệ tầng Vĩnh Phúc (aQ_1^3vp), các trầm tích hệ tầng Hà Nội ($aQ_1^{2-3}hn$) và trầm tích sông hệ tầng Lê Chi (Q_1lc). Thành phần thạch học chủ yếu là cát sạn sỏi, thạch anh có lẫn ít cuội đa khoáng, phần trên và phần dưới là các tập hạt mịn cát, bột sét xen kẽ hoặc dạng thấu kính.

Mái của tầng chứa nước qp nằm dưới hệ tầng Vĩnh Phúc, còn đáy tiếp giáp với tập 4 của hệ tầng Vĩnh Bảo (Pliocen). Tầng chứa nước qp là tầng nước áp lực, mực nước áp lực cao hơn mái tầng chứa nước rất lớn, thường từ 40-60 m, có nơi đạt đến 70 m.

III. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU NHIỆM MẶN NƯỚC DƯỚI ĐẤT TRONG TRẦM TÍCH ĐỆ TỨ

1. Điện trở suất của tầng chứa nước

Về bản chất dẫn điện của đất đá có thể chia ra hai loại là dẫn điện điện tử và dẫn điện ion. Loại dẫn điện điện tử xảy ra ở phần khung của khoáng vật tạo đá, hay nói cách khác phần tử tải điện là các electron. Loại dẫn điện này chỉ phổ biến trong các thân quặng chứa các nguyên tố kim loại như quặng sulfur, đa kim, graphit... [5]. Ở loại dẫn điện ion, phần tử tải điện là các ion, do chất lưu hòa tan muối khoáng nằm trong lỗ hổng, khe nứt của đất đá. Khi có tác động của trường điện bên ngoài, các ion dịch chuyển định hướng tạo nên dòng điện. Loại dẫn điện ion thường gặp trong đá trầm tích.

Archie (1942) khi nghiên cứu độ dẫn điện của các tầng chứa nước đã chỉ ra rằng điện trở suất của một tầng chứa tỷ lệ thuận với điện trở suất của chất lưu trong các lỗ hổng và tỷ lệ nghịch với độ lỗ hổng của tầng chứa nước. Mối quan hệ này được biểu diễn dưới dạng định luật Archie theo phương trình sau:

$$\rho_{bulk} = F \rho_w = \frac{a}{k^n} \rho_w ;$$

$$F = \frac{a}{k^n} \text{ và } a \approx 1$$

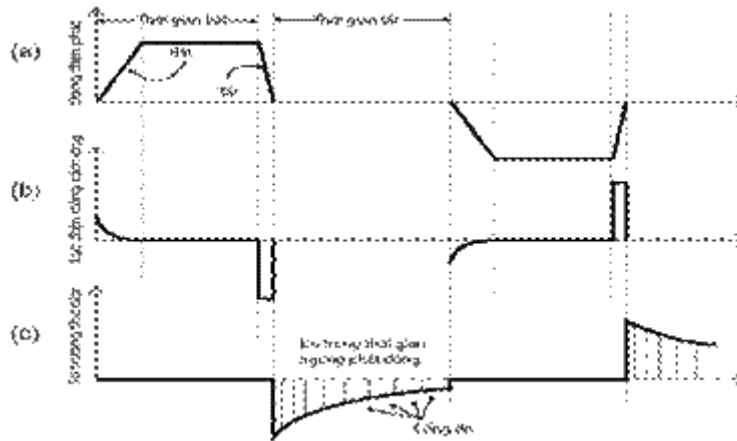
Trong đó: ρ_{buk} - điện trở suất của tầng chứa nước; F - hệ số thành hệ; ρ_w - điện trở suất của nước lấp đầy các lỗ hổng của tầng chứa nước; a - hệ số, phụ thuộc vào loại đất đá ($a = 0,4-1,4$); k - độ lỗ hổng của đất đá; n - hệ số cấu trúc ($n = 1,3-2,2$).

Đối với tầng chứa nước xác định, hệ số thành hệ (F) không thay đổi. Như vậy, điện trở suất của các tầng chứa nước chỉ biến đổi do thay đổi tính chất của nước trong tầng chứa nước (do nhiễm mặn, nhiễm bẩn ...).

2. Cơ sở lý thuyết của phương pháp trường chuyển

a. Cơ sở phương pháp: Trong các phương pháp điện xoay chiều, ngoài những phương pháp cảm ứng trong miền tần số phát trường điện điều hòa còn có phương pháp cảm ứng xung trong miền thời gian, đo trường điện từ sau khi ngắt các xung dòng phát, đó là phương pháp trường chuyển (transient electromagnetic-TEM). Phương pháp trường chuyển nghiên cứu trường thứ sinh do các dòng xoáy cảm ứng xuất hiện trong các đối tượng dẫn điện ở khoảng thời gian nghỉ của xung dòng (Hình 3).

Việc nghiên cứu quá trình chuyển tiếp và hình thành phương pháp trường chuyển là một bước phát triển quan trọng của các phương pháp cảm ứng đang được quan tâm và sử dụng rất có hiệu quả. Trước đây, do sự hạn chế của máy móc đo đạc nên chỉ ghi được tín hiệu trường chuyển ở khoảng thời gian hẹp ($t = 1-25$ ms), do đó phương pháp mang sắc thái của phương pháp mặt cắt. Ngày nay, với thiết bị sử dụng cho nghiên cứu này, có thể đo được ở dải thời gian rất rộng (từ vài μ s đến trên 60 ms) nên phương pháp này mang sắc thái của phương pháp đo sâu [1].



Hình 3. Đường đặc tính và nguyên tắc của phương pháp trường chuyển. a) Dòng điện chạy trong vòng dây phát;

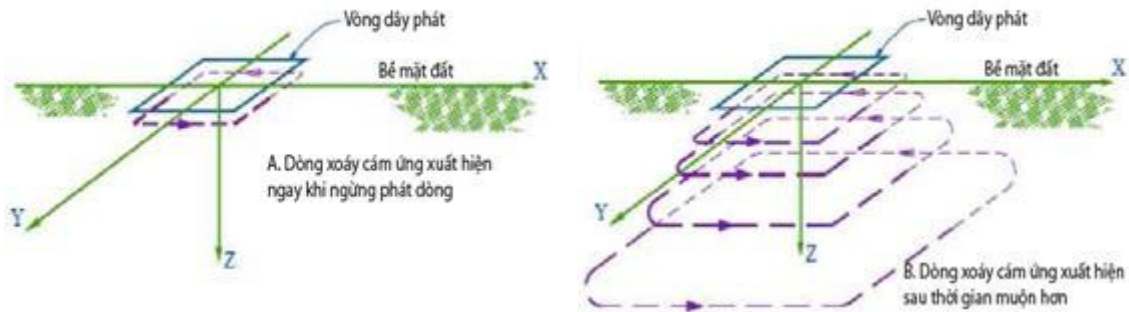
b) Lực điện động cảm ứng sinh ra trong các lớp đất đá; c) Trường thứ cấp được đo trong vòng dây thu.

Cơ sở của phương pháp này dựa trên các phương trình của Maxwell, trong đó mối quan hệ giữa trường điện và trường từ được xác định bởi định luật Faraday, đó là từ trường biến thiên theo thời gian sẽ sinh ra một điện trường biến đổi và ngược lại, khi có dòng điện chạy trong vòng dây khép kín sẽ sinh ra trường từ.

Dòng điện được phát vào trong cuộn dây không nối đất dưới dạng các xung; trong thời gian phát, trường từ được thiết lập trong môi trường đất đá (trường nguyên sinh), khi ngắt dòng phát, lực điện từ cảm ứng sinh ra các dòng xoáy cảm ứng (sinh ra trường từ thứ sinh trên mặt đất); do

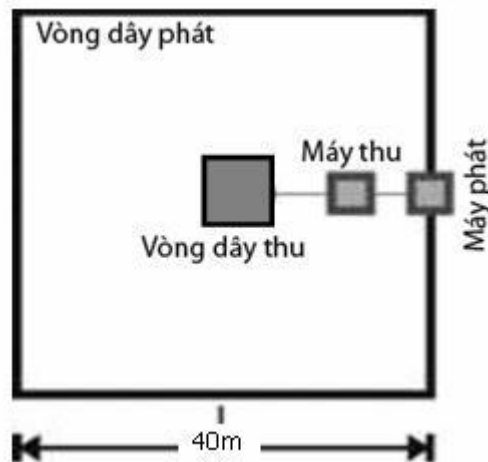
tổn hao năng lượng dưới dạng nhiệt nên các dòng xoáy này suy giảm theo thời gian. Trong môi trường có độ dẫn điện cao, sự suy giảm của dòng xoáy cảm ứng (trường thứ sinh) diễn ra chậm hơn so với môi trường có độ dẫn nhỏ. Do vậy, nếu đo được tốc độ suy giảm của trường thứ sinh sẽ cung cấp thông tin về độ dẫn điện của môi trường.

Có thể phân chia quá trình chuyển tiếp thành 3 giai đoạn: ở giai đoạn sớm, dòng xoáy xuất hiện ở phần trên lát cắt, ở giai đoạn giữa, dòng xoáy thấm xuống sâu hơn đến các đối tượng dẫn điện tốt, đến giai đoạn muộn, dòng xoáy còn lưu lại các vật dẫn, các bất đồng nhất (Hình 4). Nếu ghi lại trường chuyển ở các thời điểm khác nhau và ở các vị trí khác nhau trên mặt đất (theo tuyến) thì có thể xác định các đặc trưng của lát cắt địa điện, phản ánh khả năng dẫn điện của các lớp đất đá, tầng chứa nước.



Hình 4. Mô hình dòng xoáy cảm ứng thay đổi theo thời gian.

b. Cách thức thực hiện đo đạc tại thực địa: Tại thực địa, vị trí điểm đo được định vị bằng GPS. Bộ thiết bị được sử dụng đo đạc tại vùng nghiên cứu là bộ thiết bị đo TEM Geonics Protem 47 bao gồm một vòng dây phát (Tx-loop), một bộ dây thu (Rx-coil), một bộ tiền khuếch đại, một máy phát (Tx) và một máy thu (Rx). Sơ đồ bố trí thiết bị tại 1 điểm đo được trình bày ở Hình 5.



Hình 5. Sơ đồ bố trí 1 điểm đo TEM.

Vòng dây phát được đặt theo hình vuông, kích thước 40x40 m. Hai đầu cuộn dây được nối với máy phát. Máy thu nối với cuộn dây thu đặt ở trung tâm vòng dây phát. Máy thu và máy phát hoạt động đồng bộ qua dây dẫn. Tín hiệu đo được sinh ra bởi việc phát dòng vào vòng dây phát và sau đó máy thu sẽ đo các tín hiệu phản xạ thứ cấp.

Tại vùng nghiên cứu, thiết bị được sử dụng ba lần lấy mẫu với ba tần số lặp khác nhau. Lần lấy mẫu đầu tiên sử dụng tần số lặp “siêu cao” (“Ultra High” - UH) có thể lấy mẫu từ 7 μ s tới 700 μ s với tần số lặp tại 237,5 Hz. Lần lấy mẫu thứ hai sử dụng tần số lặp “rất cao” (“Very High” - VH) lấy mẫu từ 35 μ s tới 2,8 ms với tần số lặp 62,5 Hz. Lần đo cuối cùng là “cao” (“High” - HI) lấy mẫu từ 88 μ s đến 7 ms tại tần số lặp 25 Hz. Các lần lấy mẫu này có thể có các giá trị trùng lặp và ba lần lấy mẫu này tạo thành giá trị đo tại một điểm đo.

Một lần hoàn tất khi máy phát chuyển trạng thái rất nhanh giữa bật và tắt, được gọi là 1 vòng phát (Tx cycle, T). Mỗi vòng này bắt đầu bằng việc máy phát chuyển sang trạng thái bật và tăng cường độ dòng phát tới mức phát đã đặt trước. Trạng thái phát dòng này được duy trì tới khi chuyển sang trạng thái tắt và thời gian duy trì đúng bằng $\frac{1}{4}$ chu kỳ đo. Khi máy phát chuyển sang trạng thái tắt trong khoảng thời gian ngắn (2,5 μ s) có thể cho phép đo các phản xạ tại vùng gần bề mặt. Do thời gian ngắn nên các trường điện từ trường vẫn còn lưu lại ở các lớp đất đá gần bề mặt. Trong $\frac{1}{4}$ chu kỳ tiếp theo, khi máy phát vẫn ở trạng thái tắt thì quá trình đo đạc được tiến hành. Khi dòng phát giảm dần sau khi tắt dẫn đến trong đất đá sẽ tạo ra từ trường thứ cấp biến đổi, chính trường thứ cấp này sẽ tạo nên điện áp trong vòng dây thu. Điện áp này được xác định qua 20 công thời gian (Hình 3). Các công thu này được lấy mẫu với thời gian tăng dần theo tỷ lệ logarit, nguyên nhân là tín hiệu sẽ bị yếu đi theo thời gian vì năng lượng của các trường thứ cấp bị tiêu tán trong đất đá.

Do cuộn dây phát là mạch đơn nên từ trường sơ cấp cũng là một xung đơn. Mỗi lần lấy mẫu có từ 1.000-10.000 xung đơn được lặp lại. Các thay đổi đặc hiệu của từ trường sơ cấp nhằm chống lại:

- Các nhiễu lạc từ hệ thống truyền tải điện sẽ xuất hiện nếu tần số lặp chọn trùng với tần số cộng hưởng với tần số truyền của hệ thống truyền tải điện trong khu vực đo.

- Các đặc tính khuếch đại của thiết bị.

Kỹ thuật đo này còn được coi là phát hiện đồng bộ.

3. Điện trở suất biểu kiến của đất đá

Phương pháp đo sâu điện trở suất (VES) đo hiệu điện thế giữa hai cực thu (M, N) khi phát dòng điện một chiều qua hai điện cực phát (A, B), điện trở suất biểu kiến tính được phụ thuộc vào khoảng cách giữa các cực phát và thu cũng như sự phân bố điện trở suất của môi trường. Trong khi đó, phương pháp trường chuyển dựa trên sự lan truyền sóng điện từ trong môi trường địa chất, giá trị điện trở suất biểu kiến là hàm của thời gian sau khi ngắt xung dòng phát, mối quan hệ giữa thời gian và chiều sâu nghiên cứu phụ thuộc vào độ dẫn điện trong môi trường. Việc so sánh tài liệu của các phương pháp điện, điện từ khác nhau không đơn giản. Theo kết quả thí nghiệm (mô hình hóa và đo thực địa của hai phương pháp VES và TEM từ các môi trường khác nhau) thì điện trở suất biểu kiến tính từ hai phương pháp TEM và VES (dùng hệ cực Schlumberger, Wenner và lưỡng cực - lưỡng cực) theo quan hệ (Meju, 2005):

$$t = 0,5\pi \mu \sigma L^2, \text{ hoặc } L = 711,8\sqrt{t\rho} \quad L = 711,8\sqrt{t\rho}$$

trong đó: t - thời gian (tính bằng ms); μ - độ thấm từ (trong không khí $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \Omega\text{s/m}$); $L = AB/2$; ρ - điện trở suất (ohm.m) của nửa không gian đồng nhất ($\rho = 1/\sigma$).

Tuy nhiên, vì cơ sở vật lý của hai phương pháp khác nhau, mỗi phương pháp nhạy với một số đối tượng địa chất nhất định và nhất là do nguyên lý tương đương trong các phương

pháp thăm dò điện nói chung, nên giá trị điện trở suất thu được sau khi giải bài toán ngược từ hai phương pháp VES và TEM thường là khác nhau.

4. Áp dụng cho khu vực nghiên cứu

Các tuyến đo trường chuyển được bố trí theo hướng từ sông Hồng ra biển (Hình 6); chiều dài tuyến đo, vị trí điểm đo và số điểm đo trên tuyến phụ thuộc vào kết quả khảo sát thực địa trước khi tiến hành đo nhằm hạn chế, tránh khả năng gây nhiễu của môi trường xung quanh. Các tuyến đo gồm:

- Tuyến A: Trục Chính (Trực Ninh) - An Hòa (Hải Hậu);
- Tuyến B: Đinh Tiên Hoàng (Xuân Trường) - Lâm Thọ (Giao Thủy);
- Tuyến C: Hạ Miêu (Xuân Trường) - Tân Lập (Giao Thủy);
- Tuyến D: Hồng Phong - Hải An (Giao Thủy).

IV. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

1. Kết quả khảo sát

Kết hợp các kết quả khảo sát địa chất, địa chất thủy văn và kết quả luận giải phương pháp thăm dò địa vật lý (trường chuyển) có thể chia lát cắt vùng nghiên cứu ra làm 5 lớp điện trở suất chính theo thứ tự từ trên xuống như sau:

- *Lớp 1*: Vùng có điện trở suất dao động trong khoảng 5,0-35,5 ohm.m, phổ biến ở mức 10,5 ohm.m, có chiều dày trung bình 10m, chiều sâu đáy lớp trong khoảng 5-15 m. Đây là vùng nước nhạt, lợ hoặc không bão hòa nước trong trầm tích chứa nước kém Holocen thượng, hệ tầng Thái Bình.



Hình 6. Vị trí các điểm đo trường chuyển.

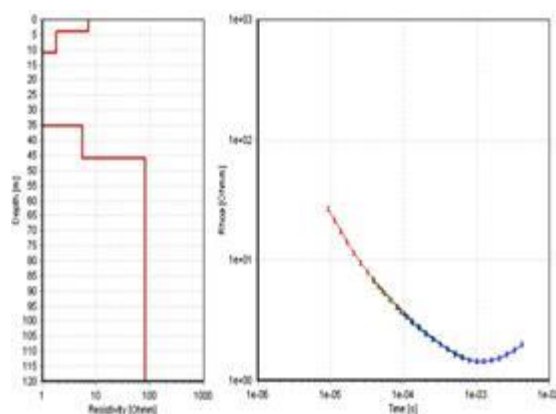
- *Lớp 2*: Vùng có điện trở suất dao động trong khoảng 1,0-3,5 ohm.m, phổ biến ở mức 1,8 ohm.m, có chiều dày khoảng 12 m, chiều sâu đáy lớp trong khoảng 18-28 m. Đây là vùng nước

đang có sự trộn lẫn với vùng nước mặn nằm bên dưới hoặc xảy ra quá trình rửa mặn do tác động của nước nhạt bổ cập từ trên xuống. Vùng này nằm chủ yếu trong phạm vi tầng chứa nước Holocen hạ, hệ tầng Hải Hưng.

- *Lớp 3:* Vùng có điện trở suất dao động trong khoảng 0,6-2,2 ohm.m, phổ biến ở mức 0,8 ohm.m, chiều dày trung bình 30 m, chiều sâu đáy lớp trong khoảng 40-55 m. Đây là vùng nước mặn có hàm lượng muối cao. Vùng này nằm chủ yếu trong lớp thấm nước yếu Pleistocen thượng, hệ tầng Vĩnh Phúc.

- *Lớp 4:* Vùng có điện trở suất dao động trong khoảng 1,8-15,5 ohm.m, phổ biến ở mức 5,3 ohm.m, chiều dày trung bình khoảng 22 m và chiều sâu đáy lớp trong khoảng 65-80 m. Vùng này nằm chủ yếu trong tầng chứa nước Pleistocen trung-thượng, hệ tầng Hà Nội.

- *Lớp 5:* Vùng có điện trở suất dao động trong khoảng 12,0-33,5 ohm.m, phổ biến ở mức 17,6 ohm.m, chiều sâu mặt lớp trong khoảng 65-80 m. Vùng này nằm chủ yếu trong tầng chứa nước Pleistocen hạ, hệ tầng Lê Chi và có khả năng mở rộng xuống đến tầng chứa nước Neogen nằm bên dưới.



Hình 7. Kết quả giải đoán tài liệu trường chuyển - mô hình 5 lớp.

Từ kết quả phân tích định lượng 61 điểm đo TEM, với mô hình ba, bốn và năm lớp, bằng cách sử dụng các phần mềm SITEM - SEMDI, các kết quả phân tích thành phần hóa học của nước dưới đất đóng vai trò là tham số hồi quy và kiểm chứng trong việc xác định giới hạn mặn nhạt trong vùng nghiên cứu [6]. Trên cơ sở kết quả phân tích thành phần hóa học nước dưới đất và điện trở suất của các tầng chứa nước, các tác giả đã thiết lập tương quan hồi quy với giá trị tối hạn cho TDS là 1 g/l, đây là giá trị giới hạn cho nước sinh hoạt theo quy chuẩn hiện hành của Bộ Tài nguyên và Môi trường (QCVN 09:2008/BTNMT). Từ tương quan hồi quy giữa TDS và điện trở suất của tầng chứa nước, với TDS = 1 g/l, các tác giả xác định được miền giá trị mặn, nhạt cho nước dưới đất trong vùng nghiên cứu. Ranh giới của miền giá trị này được xác định là 12,2 ohm.m.

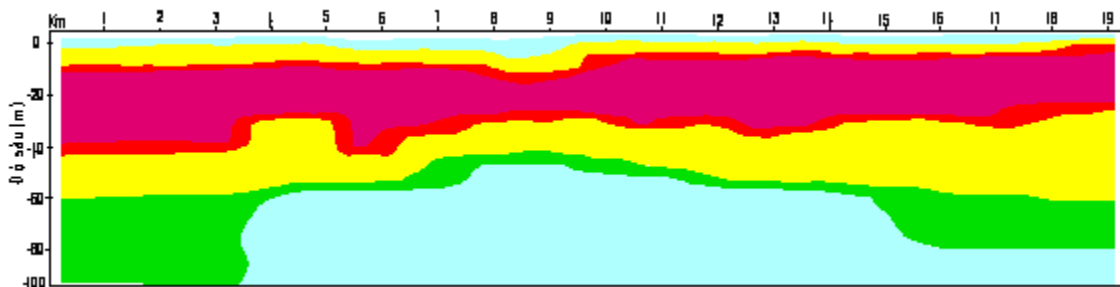
Các mặt cắt địa điện (Hình 8-11) thể hiện sự phân bố giá trị điện trở suất trên từng tuyến đo, qua đó nó cũng phản ánh mức độ và sự phân bố khả năng nhiễm mặn của từng lớp điện trở suất.

2. Thảo luận kết quả khảo sát

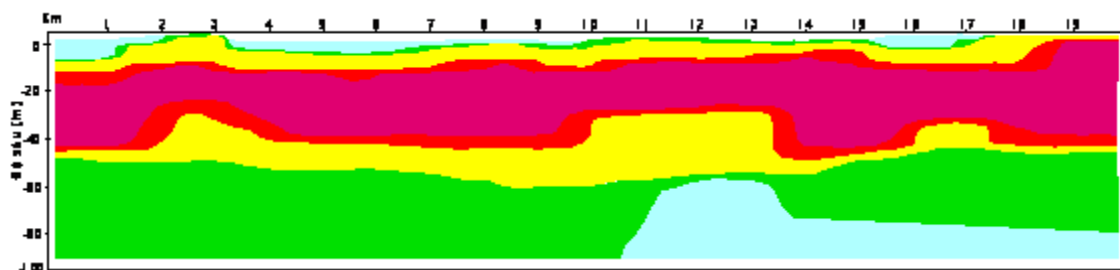
- *Lớp thứ nhất:* Đây là lớp điện trở đầu tiên từ trên xuống, với khoảng biến đổi giá trị tương đối lớn, ở phía đông và đông nam, vùng nghiên cứu có giá trị điện trở suất biến đổi tương đối lớn (từ 5,0 đến 35,5 ohm.m), về phía bắc vùng nghiên cứu có giá trị điện trở suất tương đối cao. Các kết quả phân tích thành phần hóa học cho thấy tại đây chủ yếu là nước nhạt. Thành phần thạch học chủ yếu là cát hạt mịn, cát pha, bột, sét; môi trường thành tạo là sông-đầm lầy, sông, sông-biển và biển.

Bảng 1. Tổng hợp kết quả đo trường chuyển vùng nghiên cứu

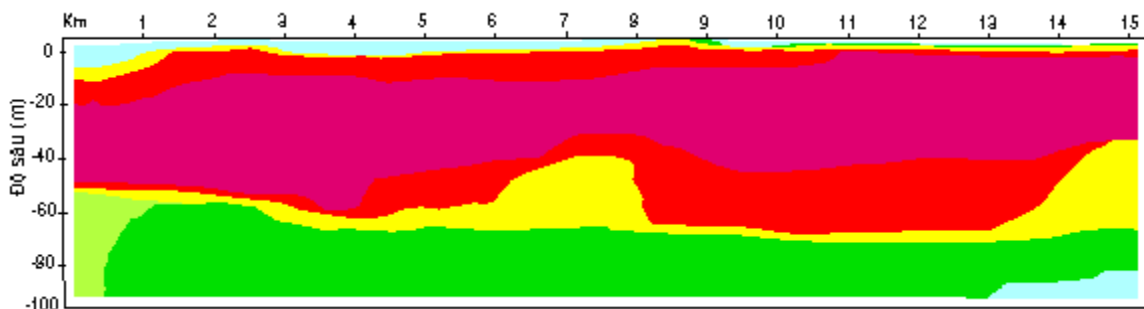
Lớp	Điện trở suất (ohm.m)		Chiều dày (m)		Chiều sâu đáy (m)	
	Khoảng biến đổi	Giá trị phổ biến	Khoảng biến đổi	Trung bình	Khoảng biến đổi	Trung bình
Lớp 1	5,0-35,5	10,5	5,0-15	10	5,0-15	10
Lớp 2	1,0-3,5	1,8	8,0-16	12	18-28	23
Lớp 3	0,6-2,2	0,8	25-35	30	40-55	47,5
Lớp 4	1,8-15,5	5,3	16-28	22	65-80	72,5
Lớp 5	12,0-33,5	17,6				



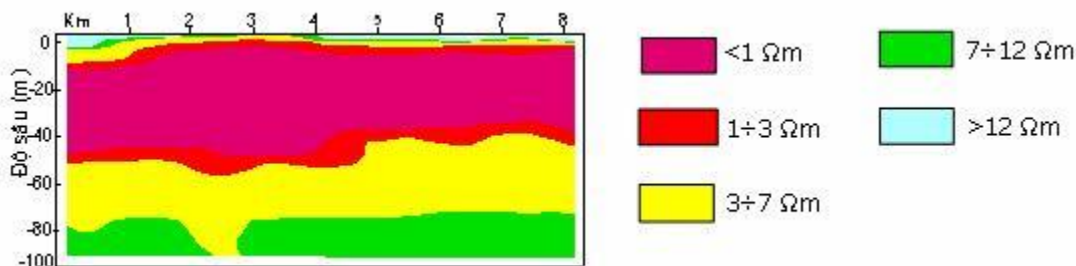
Hình 8. Mặt cắt địa điện tuyến A.



Hình 9. Mặt cắt địa điện tuyến B.



Hình 10. Mặt cắt địa điện tuyến C



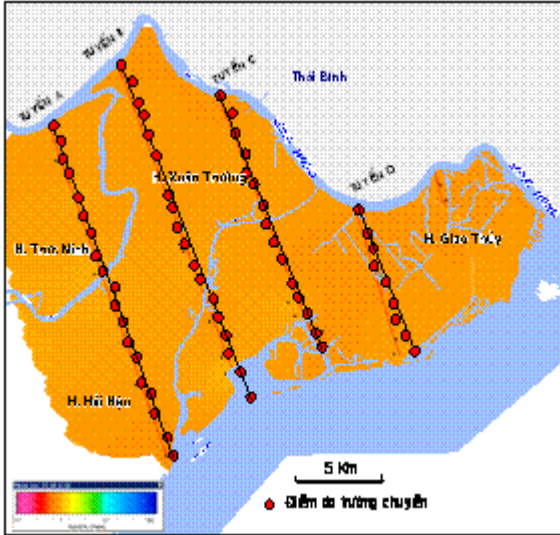
Hình 11. Mặt cắt địa điện tuyến D.

- *Lớp thứ hai:* Lớp điện trở này phân bố rộng khắp trong vùng nghiên cứu, bề dày không lớn lắm, đóng vai trò như lớp chuyển tiếp, nằm xen kẽ giữa hai lớp điện trở suất khác nhau.

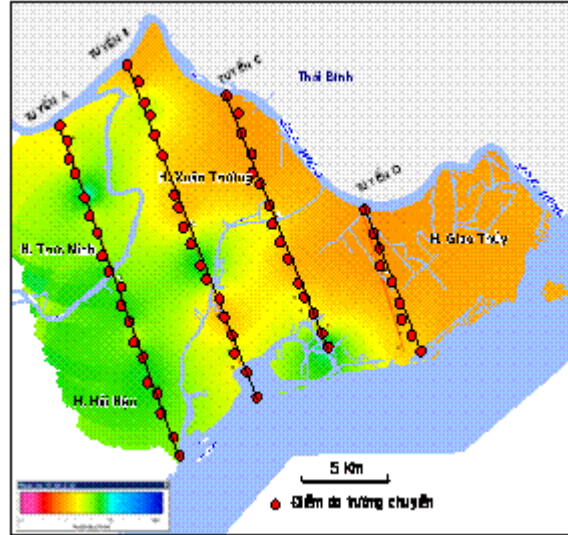
- *Lớp thứ ba:* Đây là lớp điện trở có giá trị rất nhỏ, mặc dù khoảng biến đổi từ 0,6-2,2 ohm.m; giá trị 2,2 ohm.m chỉ xuất hiện khi luận giải kết quả với mô hình 3 lớp. Trong mô hình 4 lớp và 5 lớp thì giá trị điện trở suất phổ biến ở mức 0,6 đến 0,8 ohm.m. Lớp điện trở suất này xuất hiện trên toàn bộ vùng nghiên cứu. Qua các kết quả khoan khảo sát, lấy mẫu nguyên dạng, đã xác định đây là trầm tích có nguồn gốc biển, thuộc hệ tầng Hải Hưng (Hình 12). Kết quả phân tích thành phần hóa học nước lỗ rỗng tại hai vị trí là xã Xuân Hòa và xã Xuân Châu, huyện Xuân Trường cho thấy độ sâu từ 20-35 m có tổng hàm lượng chất rắn hòa tan lớn nhất; đặc biệt tại độ sâu từ 26,50-27,16 m đạt giá trị TDS = 30,67 g/l, hàm lượng Cl⁻ = 19,50 g/l.

- *Lớp thứ tư:* Lớp này phân bố trên toàn bộ diện tích nghiên cứu, chiều sâu phân bố đáy lớp này tại nhiều vị trí khảo sát không xác định được vì đây là lớp cuối cùng trong mô hình 4 lớp. Đây là lớp điện trở suất có khoảng biến đổi khá lớn, biến đổi từ tây sang đông; dần về phía đông và đông bắc điện trở suất nhỏ dần (Hình 13); điều này cho thấy ở khoảng độ sâu từ 55-60 m nước dưới đất có xu hướng mặn dần theo hướng tây nam về đông bắc.

- *Lớp thứ năm:* Đây là lớp cuối cùng trong mô hình 5 lớp của kết quả khảo sát trường chuyên tại vùng nghiên cứu; lớp này phân bố về phía nam và tây nam, chiều sâu bắt gặp lớp này từ 60-80 m, với khoảng biến đổi điện trở suất từ 12,0-33,5 ohm.m. Trên mặt cắt địa điện tuyến A (Hình 8), gần như toàn bộ các điểm đo đều xuất hiện lớp này, tuy nhiên tại mặt cắt địa điện tuyến B (Hình 9) lại chỉ xuất hiện ở 9 điểm đo phía phải, tức là phía nam của tuyến đo trong vùng nghiên cứu, sang đến tuyến C (Hình 10) thì lớp này chỉ xuất hiện tại 1 điểm đo ở phía nam tại độ sâu 80 m. Trên mặt cắt tuyến D hoàn toàn không xuất hiện lớp điện trở suất này. Điều này cho thấy tiềm năng nước nhạt, tầng chứa nước Pleistocen hệ tầng Hà Nội ở vùng nghiên cứu nằm về phía nam và đông nam, chiều sâu bắt gặp từ 60 đến 80 m.



Hình 12. Phân bố điện trở suất tại độ sâu 20-25m (hệ tầng Hải Hưng).



Hình 13. Phân bố điện trở suất tại độ sâu 45-60 m (hệ tầng Vĩnh Phúc).

V. KẾT LUẬN

Việc sử dụng phương pháp trường chuyên, thiết bị đo Protem 47 (Geonics Ltd.) với kích thước khung phát 40x40 m; chiều sâu nghiên cứu đáng tin cậy của phương pháp từ 50-100 m hoàn toàn phù hợp với cấu trúc địa chất và địa chất thủy văn trong vùng nghiên cứu.

Đã có 61 điểm đo được bố trí trên 4 tuyến, với việc sử dụng các phần mềm SITEM / SEMDI trong điều kiện luận giải mô hình ba, bốn và năm lớp, kết hợp phân tầng địa chất thủy văn và kết quả phân tích thành phần hóa học nước dưới đất đã làm sáng tỏ sự phân bố mặn-nhạt của nước dưới đất trong các tầng chứa nước vùng cửa sông ven biển (Giao Thủy, Xuân Trường, Trực Ninh và Hải Hậu) tỉnh Nam Định. Các kết quả đã khẳng định được ý nghĩa của việc áp dụng phương pháp trường chuyên trong công tác xác định, đánh giá nhiễm mặn các tầng chứa nước nói chung và các tầng chứa nước trầm tích Đệ tứ nói riêng.

Lớp điện trở suất thứ ba, với chiều dày biến đổi trong khoảng từ 25-35 m với khoảng biến đổi từ 0,6-2,2 ohm.m; giá trị điện trở suất phổ biến ở 0,8 ohm.m. Lớp điện trở suất này xuất hiện trên toàn bộ vùng nghiên cứu. Qua các kết quả khoan khảo sát, lấy mẫu nguyên dạng, đã xác định đây là trầm tích có nguồn gốc biển, thuộc hệ tầng Hải Hưng. Kết quả phân tích thành phần hóa học nước lỗ rỗng tại hai vị trí xã Xuân Hòa và xã Xuân Châu, huyện Xuân Trường cho thấy độ sâu từ 20-35m có tổng hàm lượng chất rắn hòa tan lớn nhất; đặc biệt tại độ sâu từ 26,50-27,16 m đạt giá trị TDS = 30,67 g/l, hàm lượng Cl⁻ = 19,50 g/l.

Lớp điện trở suất thứ năm là lớp cuối cùng trong mô hình 5 lớp của kết quả khảo sát trường chuyên tại vùng nghiên cứu; lớp này phân bố về phía nam và tây nam, chiều sâu bắt gặp lớp này từ 60-80 m, với khoảng biến đổi điện trở suất từ 12-33,5 ohm.m. Tiềm năng nước nhạt, tầng chứa nước Pleistocen hệ tầng Hà Nội vùng nghiên cứu nằm về phía nam và đông nam, chiều sâu bắt gặp từ 60-80 m.

VĂN LIỆU

1. Bauer-Gottwein Peter, Bibi N. Gondwe, Lars Christiansen, Daan Herckenrath, Lesego Kgotlhang, Stephanie Zimmermann, 2009. Hydrogeophysical exploration of three-dimensional salinity anomalies with the time-domain electromagnetic method (TDEM). *J. of Hydrology*.

2. Đoàn Văn Cánh, Lê Thị Lại, Hoàng Văn Hưng, Nguyễn Đức Rồi, Nguyễn Văn Nghĩa, 2005. Groundwater resource of Nam Định Province, *J. of Geology, B/25: 31-42. Hà Nội.*

3. Goldman M, D. Giladb, A. Ronen and A. Melloulb, 1991. Mapping of seawater intrusion into the coastal aquifer of Israel by the time domain electromagnetic method. *J. of Geoexploration, 28 : 153-174.*

4. Hoan V. Hoang, Nhan Q. Pham, Flemming Larsen, Long V. Tran, Frank Wagner And Anders V. Christiansen, 2011. Processes controlling high saline groundwater in the Nam Dinh Province, Vietnam. *2nd Asia-Pacific Coastal Aquifer Management Meeting. Jeju Island, Korea.*

5. Hoàng Văn Hoan, Phạm Quý Nhân, 2008. Sử dụng phương pháp địa vật lý điện trong địa chất thủy văn để xác định ranh giới mặn/nhạt tầng chứa nước Pleistocen vùng Phố Nối, Hưng Yên. *TC Địa chất, A/305 : 67-71, Hà Nội.*

6. Hoang V. H, Lassen. R, Tran V. L, Vu V. H, Tran T. L, Pham Q. N And Larsen, F, 2009. Mapping of fresh and saline groundwater in coastal aquifers in the Nam Dinh Province (Vietnam) by electrocal and transient electromagnetic soundings. *1st Asia-Pacific Coastal Aquifer Management Meeting. Bangkok, Thailand.*

7. Kafri U, M. Goldman, B. Lang, 1997. Detection of subsurface brines, freshwater bodies and the interface configuration in-between by the time domain electromagnetic method in the Dead Sea Rift, Israel. *J. of Environmental Geology, 31.*

8. Nguyễn Trọng Vũ, Tăng Đình Nam, A. Weller, 2009. Resistivity imaging measurements in Nam Định coastal area for delineation of aquifer. *J. of Geology, B/33: 29-35 Hà Nội.*

9. Nielsen Lars , Niels O. Jørgensen, Peter Gelting, 2007. Mapping of the freshwater lens in a coastal aquifer on the Keta Barrier (Ghana) by transient electromagnetic soundings. *J. of Applied Geophysics, 62.*

10. Reynolds John M, 2002. An introduction to applied and environmental geophysics. *Published by John Wiley, England.*

11. Stewart Mark T , 1982. Evaluation of electromagnetic methods for rapid mapping of salt- water interfaces in coastal aquifers. *J. of Ground Water, 20 : 538-545.*

12. Trần Vũ Long, Phạm Quý Nhân, Flemming Larsen, Hoàng Văn Hoan, 2011. Cơ chế xâm nhập mặn cổ và ảnh hưởng của nó đến sự phân bố mặn-nhạt trong các tầng chứa nước trầm tích Đệ tứ vùng Giao Thủy, Nam Định. *TC KHKT Mỏ - Địa chất, 34: 25-34. Hà Nội.*