

# DỰ BÁO XÂM NHẬP MẶN NƯỚC NGẦM VÙNG HẢI PHÒNG BẰNG PHƯƠNG PHÁP MÔ HÌNH HOÁ ĐIỆN TRỞ VÀ ĐỊA CHẤT THUỶ VĂN

NGUYỄN NHƯ TRUNG, NGUYỄN VĂN NGHĨA,  
NGUYỄN BÁ MINH

## I. MỞ ĐẦU

Hải Phòng là thành phố biển đang trên đà đô thị hoá nhanh và là một trong những trung tâm công nghiệp, du lịch và giao thông của đất nước. Với điều kiện địa chất - địa chất thuỷ văn phức tạp, mặc dù nước dưới đất có trữ lượng tương đối dồi dào, nhưng đa phần các tầng chứa nước đều phải đối mặt với hiện tượng nhiễm mặn. Hiện tại chưa có các công trình khai thác nước ngầm trên quy mô lớn ở đây, nhưng có tới gần 20.000 giếng khoan đường kính nhỏ đang khai thác sử dụng đã là tác nhân đáng kể gia tăng tốc độ nhiễm mặn các tầng chứa nước [4, 5]. Hiện trạng nhiễm mặn các tầng chứa nước, tốc độ nhiễm mặn, dự báo và biện pháp phòng chống như thế nào đang là những vấn đề cần được quan tâm nhằm khai thác và sử dụng nguồn nước này một cách bền vững. Trong bài báo này các tác giả trình bày một số kết quả nghiên cứu mới về hiện trạng nhiễm mặn vùng Hải Phòng bằng tổ hợp phương pháp địa vật lý - thuỷ địa hoá. Từ các kết quả có được về phân bố tổng độ khoáng hoá và cấu trúc các tầng chứa nước, áp dụng phương pháp mô hình hoá địa chất thuỷ văn cho phép chúng ta dự báo xâm nhập mặn, đánh giá trữ lượng khai thác và phân bố hợp lý hệ thống giếng khoan khai thác.

## II. KHÁI QUÁT ĐẶC ĐIỂM ĐỊA CHẤT THUỶ VĂN VÙNG NGHIÊN CỨU

Vùng nghiên cứu có diện tích khoảng 260 km<sup>2</sup> với chiều rộng 15,6 km và dài 16,67 km, có tọa độ địa lý : từ 106°36' đến 106°45' E và từ 20°42' đến 20°51' N. Phía bắc giới hạn bởi sông Cấm, phía đông là Biển Đông, phía nam được giới hạn bởi sông Văn Úc (hình 1). Theo kết quả nghiên cứu địa chất thuỷ văn [4, 5], khu vực Hải Phòng được phân thành các tầng chứa và chắn nước chính sau :

### 1. Tầng chứa nước

#### a) Tầng chứa nước Holocen trên $qh_2$ ( $Q_{IV}^3 qh_2$ )

Phân bố ở hầu khắp mọi nơi, bề dày tầng chứa nước thay đổi từ 2,5 m đến 20 m, có xu hướng tăng dần từ đông bắc xuống tây nam. Thành phần thạch học chủ yếu là cát pha, cát. Đáy tầng ở một vài nơi có lẫn sạn sỏi. Độ chứa nước thuộc loại từ trung bình đến nghèo [5]. Tổng độ khoáng hoá lớn hơn 1 g/l.

#### a) Tầng chứa nước Holocen dưới $qh_1$ ( $Q_{IV}^{-2} hh_2$ )

Có diện phân bố khá rộng. Thành phần đất đá gồm cát hạt nhỏ xen kẹp các lớp cát pha, sét bột, sét bùn lẫn tàn tích thực vật màu đen, xám đen [5]. Chiều dày tầng chứa nước thay đổi rất lớn từ 1,90 m đến 37 m. Độ giàu nước thuộc loại trung bình đến giàu với tổng độ khoáng hoá thay đổi từ 1,20 g/l đến 7,3 g/l. Tầng chứa nước có tính thấm kém.

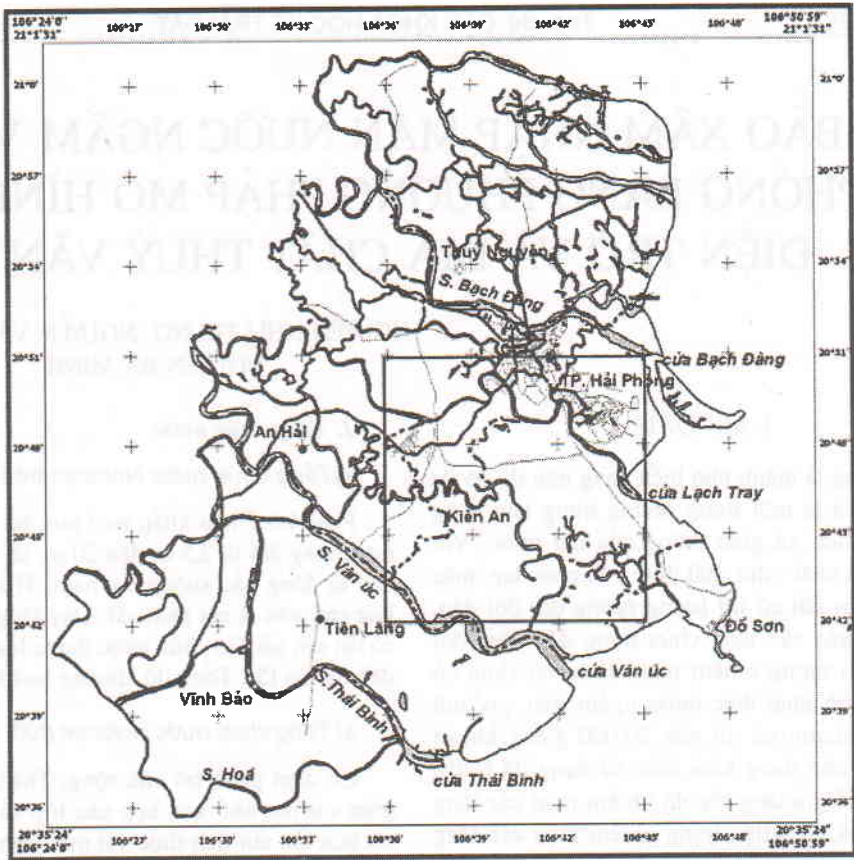
#### b) Tầng chứa nước Pleistocen $qp$ ( $Q_{II} - Q_{III} vp_2$ )

Phân bố trên hầu hết diện tích vùng nghiên cứu và bị các trầm tích trẻ hơn phủ kín. Thành phần thạch học gồm cát, cuội, sỏi, hoặc cát lẫn dăm sạn, cát bột lẫn sét, thuộc các trầm tích từ  $Q_{Ic}$  đến  $Q_{III} vp_1$ . Chiều dày tầng chứa nước Pleistocen (qp) thay đổi trong phạm vi khá rộng : từ vài mét đến vài chục mét, có xu hướng tăng dần từ đông bắc xuống tây nam. Khả năng chứa nước thuộc loại giàu đến rất giàu ; độ khoáng hoá thay đổi từ nhỏ hơn 1,5 g/l ở Kiến An, Kiến Thụy, Tiên Lãng đến 7 g/l ở Vĩnh Bảo. Hiện nay, phần diện tích nước nhạt (< 1,5 g/l) đang dần bị thu hẹp.

### 2. Các tầng cách nước

#### a) Tầng cách nước thuộc phụ hệ tầng Thái Bình ( $Q_{IV}^3 tb$ ) và Hải Hưng ( $Q_{IV}^1 hh_2$ )

Lộ trên diện tích rộng ở An Hải, Bắc Thủy Nguyên ven rìa dãy núi An Lão, Kiến An và một



Hình 1. Sơ đồ vị trí vùng nghiên cứu

phần khu vực Tiên Lãng. Phần còn lại được phát hiện thông qua tài liệu khoan. Thành phần sét chiếm 50 - 60 %, bột 30 - 35 % còn lại là cát. Chiều dày tầng sét từ 5 đến 15 m.

*b) Tầng cách nước thuộc phụ hệ tầng Vĩnh Phúc trên ( $Q_{II}^{2}vp$ )*

Thành phần thạch học chủ yếu là sét, sét bột, sét pha cát, đôi chỗ là cát sét màu xám vàng, xám trắng loang lổ. Chiều dày của tầng sét biến đổi trong khoảng 7 - 9 m.

**III. CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐO ĐẠC VÀ PHÂN TÍCH**

**1. Phương pháp điện trở**

Chúng tôi dùng phương pháp đo điện trở để xác định các thông số cấu trúc và tổng độ khoáng hoá của tầng chứa nước tại các thời điểm 1988-1989 và 2004-2005. Các thông số này dùng làm số liệu đầu vào để tính toán mô hình dự báo lan truyền nhiễm mặn. Để xác định các tham số trên, số liệu được sử dụng trong nghiên cứu này gồm :

- 200 điểm đo sâu VES (AB/2 max = 500 m) , đo năm 1988-1989 bằng máy UJ-18, với sai số 6,6 % ;
- 50 điểm VES (AB/2 max = 400 m) đo năm 2004-2005 bằng máy DEPA với sai số đo đạc 3 % ;
- Kết quả đo điện trở suất và tổng độ khoáng hoá của nước ngầm tại 45 điểm lỗ khoan.

*a) Xác định cấu trúc tầng chứa nước và hệ số cấu thành tầng chứa nước*

Xác định cấu trúc các tầng chứa và cách nước trên cơ sở phân tích định lượng các điểm đo sâu VES. Trong quá trình phân tích đường cong VES, dùng 45 lỗ khoan để khống chế nghiệm và liên kết địa tầng ; kết quả xác định được cấu trúc các tầng chứa và chắn nước như sau : lớp 1 tương ứng với tầng chứa nước Holocen trên  $qh_2$  ( $Q_{IV}^3qh_2$ ) , lớp 2 tương ứng với tầng chứa nước Holocen dưới  $qh_1$  ( $Q_{IV}^1-2hh_1$ ) , lớp 3 tương ứng với lớp cách nước thuộc hệ tầng Hải Hưng ( $Q_{IV}^1-2hh_2$ ) và hệ tầng Vĩnh Phúc trên ( $Q_{II}^{2}vp^2$ ) , lớp 4 tương ứng với tầng chứa nước Pleistocen (qp) và dưới cùng là đá móng.

Như đã biết, điện trở suất của tầng chứa nước lỗ hổng có quan hệ với điện trở suất của nước lấp đầy các lỗ hổng theo định luật Archie [2] :

$$\rho_{buk} = F\rho_w \quad (1)$$

trong đó : F - hệ số cấu thành tầng chứa nước,  $\rho_{buk}$  - điện trở suất của tầng chứa nước,  $\rho_w$  - điện trở suất của nước lỗ hổng.

Theo định luật (1), đối với mỗi tầng chứa nước được đặc trưng bởi một hệ số cấu thành, giá trị điện trở suất của tầng chứa nước thay đổi khi điện trở suất của nước lỗ hổng thay đổi. Trên cơ sở giá trị điện trở suất của tầng chứa nước ( $\rho_{buk}$ ) và điện trở suất của nước ngầm ( $\rho_w$ ) tại 45 giếng khoan, ta xác định được hệ số cấu thành tầng chứa nước Pleistocen là  $F = 2,20$ . Từ các kết quả phân tích đường cong VES (1988-1989) thay vào phương trình (1), xác định được điện trở suất của nước ngầm trong tầng chứa nước Pleistocen tại thời điểm đó.

### b) Xác định tổng độ khoáng hoá của nước ngầm

Kết quả phân tích tổng độ khoáng hoá của 45 mẫu nước giếng khoan và điện trở suất của nước, ta xây dựng được mối quan hệ giữa điện trở suất của nước và tổng độ khoáng hoá theo công thức :

$$C_m = \text{EXP}(-0,9042 \cdot \ln \rho_w + 8,8628) \quad (2)$$

hay

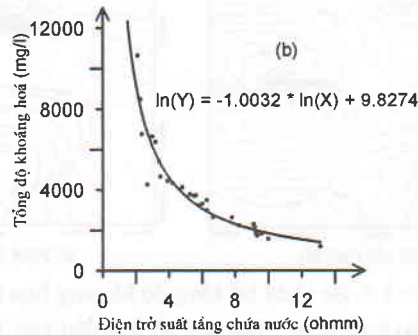
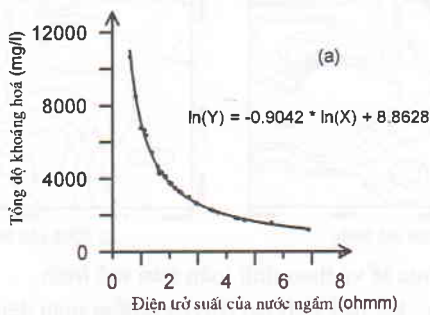
$$C_m = \text{EXP}(-1,0032 \cdot \ln \rho_{buk} + 9,8274)$$

trong đó :  $C_m$  - tổng độ khoáng hoá trong nước,  $\rho_w$  - điện trở suất của nước,  $\rho_{buk}$  - điện trở suất tầng chứa nước.

Từ (2) ta xây dựng sơ đồ tổng độ khoáng hoá của tầng chứa nước thông qua giá trị điện trở suất của tầng chứa nước hoặc nước ngầm (hình 3).

## 2. Phương pháp mô hình số địa chất thủy văn

- Bài toán dòng chảy và bài toán lan truyền vật chất :



Hình 3. Mối quan hệ tổng độ khoáng hoá và điện trở suất của nước ngầm theo các số liệu đo thực tế

Trên cơ sở các kết quả phân tích số liệu địa vật lý, gồm cấu trúc các tầng chứa nước, tầng chắn nước và phân bố tổng độ khoáng hoá của nước ngầm tầng qp, bài toán dự báo lan truyền xâm nhập mặn tầng chứa nước dựa trên lời giải của hai bài toán [1, 3] :

(1) bài toán mô hình dòng chảy với biến số là sự phân bố cốt cao mực nước theo không gian ; và

(2) bài toán lan truyền vật chất với biến số là phân bố tổng độ khoáng hoá của nước theo không gian.

Cho đến nay bài toán (1) và (2) được giải khá hoàn chỉnh theo phương pháp sai phân hữu hạn và phân tử hữu hạn. Nhiều phòng thí nghiệm địa chất thủy văn trên thế giới đã lập trình bài toán (1) và (2) để tính mô hình dòng chảy và dự báo lan truyền vật chất. Trong bài báo này các tác giả sử dụng sản phẩm phần mềm Visual Modflows của công ty Watertool, Canada [3]. Các tính toán được tiến hành theo hai bước sau :

### a) Bước 1 : xây dựng mô hình ban đầu

#### - Mô hình hóa các tầng chứa và chắn nước

Để tính dự báo lan truyền nhiễm mặn tầng chứa nước Pleistocen (qp) một trong các số liệu đầu vào là cấu trúc các tầng chứa, cách nước và hệ số thấm, nhả nước của các tầng. Cấu trúc các tầng chứa và chắn nước được lấy từ các kết quả phân tích địa vật lý ở phần trên, gồm các tầng chứa nước ( $Q_{IV}^3 qh_2$ ), ( $Q_{IV}^{1-2} hh_1$ ), Pleistocen (qp) và tầng chắn ( $Q_{IV}^{1-2} hh_2$ ). Hệ số thấm và nhả nước tham khảo trong các công trình [4] và hiệu chỉnh bằng giải bài toán ngược.

#### - Chọn điều kiện biên

Vùng nghiên cứu được giới hạn phía đông là biển Đông, phía nam là sông Văn Úc, trong vùng còn có sông Đá Đỏ và sông Lạch Tray chảy qua. Điều kiện biên của các tầng chứa nước mô phỏng như sau : phía Biển Đông được mô phỏng là biên loại I ( $H = \text{const}$ )



mực nước trên biên là  $H = 0$  m và có nồng độ không tổng độ khoáng đổi bằng 3,0 g/l. Các sông được mô phỏng là biên loại III, lưu lượng cung cấp và thoát qua biên phụ thuộc vào chênh lệch mực nước trên biên với mực nước của tầng chứa nước, được lấy theo tài liệu quan trắc tại các trạm thủy văn [5]. Các sông được coi là không bị nhiễm mặn và không mô phỏng biên. Hệ số sức cản lòng sông biến đổi  $C = 3000 - 10000 \text{ m}^2/\text{ng}$ . Mực nước và hệ số cản dòng trên biên được chỉnh lý bằng giải bài toán ngược.

*- Lượng bổ cập và thoát của tầng chứa nước*

Lượng bổ cập cho tầng chứa nước từ nước mưa lấy bằng 0,2 - 0,3 lượng mưa thực tế đo được, lượng thoát của tầng chứa nước bằng bốc hơi từ bề mặt nước ngầm lấy bằng 20 - 40 % lượng bốc hơi thực tế đo được từ trạm thủy văn. Các giá trị này sẽ được chỉnh lý bằng các bài toán ngược.

Các thông số liên quan đến bài toán đánh giá nhiễm mặn được tra bằng chuyên môn tương ứng với thành phần của đất đá chứa nước. Chọn độ lỗ hổng hữu hiệu  $n = 0,15$  đối với hai tầng chứa nước nằm trên và  $n = 0,25$  cho tầng chứa nước nằm dưới. Đối với tầng sét cách nước  $n = 0,05$ .

*b) Bước 2 : hiệu chỉnh các tham số mô hình*

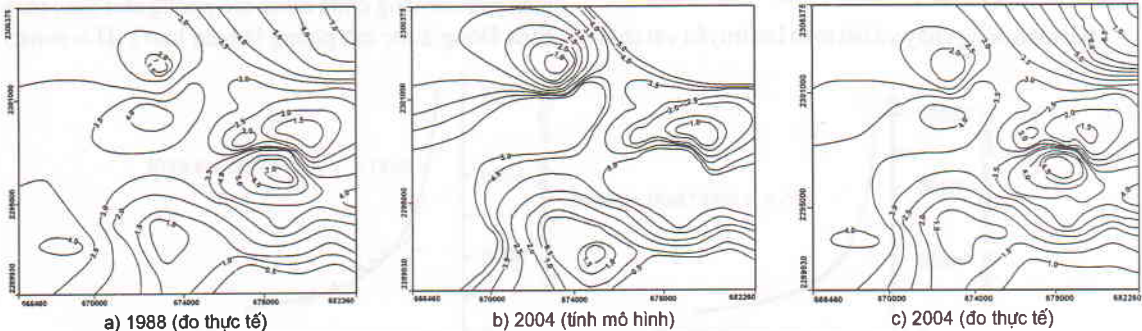
Các tham số đầu vào như mực nước và hệ số cản dòng trên biên, hệ số thấm, hệ số nhả nước, lượng bổ cập và thoát của tầng chứa nước được hiệu chỉnh theo phương pháp giải bài toán ngược ổn định và bài toán ngược không ổn định. Ngoài việc chỉnh lý các thông số ĐCTV của tầng chứa nước nêu trên, các kết quả phân bố độ tổng khoáng hóa của năm 1988, năm 2004 và tài liệu hiện trạng khai thác nước dưới đất của tầng chứa nước Pleistocen (qp) được sử dụng để chỉnh lý các thông số đặc trưng cho quá

trình lan truyền vật chất, bao gồm hệ số phân tán, hệ số khuếch tán và hệ số trễ. Bài toán giải bằng phương pháp lặp, quá trình lặp kết thúc khi sự phân bố độ tổng khoáng hóa thực tế và trên mô hình đạt sai số cho phép (nhỏ hơn 5 %). Ví dụ hình 3 là kết quả tính toán hiệu chỉnh các tham số mô hình trên cơ sở số liệu tổng độ khoáng hoá của tầng qp năm 1988 (hình 3a) sau khi giải bài toán ngược (ta tính được mức độ lan truyền nhiễm mặn trong vùng) cho thấy kết quả tính mô hình (hình 3b) phù hợp với các quan trắc ngoài thực tế (hình 3c).

**III. KẾT QUẢ PHÂN TÍCH**

**1. Hiện trạng nhiễm mặn tầng chứa nước Pleistocen từ 1988 đến 2004**

Các kết quả đo đạc và phân tích địa vật lý cho phép xây dựng sơ đồ tổng độ khoáng hoá của tầng chứa nước Pleistocen tại hai thời điểm năm 1988 và 2004 (hình 3a, c). Hình 3a là sơ đồ tổng độ khoáng hóa nước ngầm tại thời điểm 1988 cho thấy phần phía bắc của vùng nghiên cứu nước ngầm hầu như bị nhiễm mặn hoàn toàn (> 1,5 g/l), trong đó khu vực nội thành Hải Phòng và dải trung tâm bị nhiễm mặn nặng nhất, giá trị tổng độ khoáng hoá lên đến 3-5 g/l. Phần phía nam, tổng độ khoáng hoá có giá trị thấp nhất, dao động trong khoảng 1-1,5 g/l ; đây là vùng nước nhạt có thể khai thác sử dụng cho sinh hoạt. Trên sơ đồ 3c, bức tranh tổng độ khoáng hoá năm 2004 đã có sự biến đổi mạnh. Phần diện tích nước nhạt đã bị đẩy lùi mạnh về phía nam, chỉ còn khoảng 1/3 diện tích so với năm 1988 ; khu vực phía bắc, tổng độ khoáng hoá cũng tăng mạnh so với năm 1988 từ 3-6 g/l lên đến 4-7,5 g/l. Như vậy, sau khoảng 15 năm người dân tự phát khai thác nước ngầm đã làm cho tầng chứa nước này bị nhiễm mặn nghiêm trọng



*Hình 3. Sự phân bố tổng độ khoáng hóa thực tế và theo tính toán trên mô hình*

a - kết quả đo thực năm 1988 làm số liệu đầu vào, b - kết quả tính lan truyền nhiễm mặn đến năm 2004, c - kết quả quan trắc thực tế năm 2004

## 2. Dự báo xâm nhập mặn tầng chứa nước Pleistocen

Bài toán dự báo xâm nhập mặn được tính cho 3 phương án :

a) *Phương án 1* : để gần với thực tế khai thác nước ngầm, tại 20 xã trong vùng nghiên cứu, chúng tôi bố trí mỗi xã một lỗ khoan khai thác với lưu lượng khai thác tương đương lượng khai thác trong thực tế (*bảng 1*). Lấy phân bố tổng độ khoáng hóa cho năm 1988 làm số liệu đầu vào và năm 2004 làm số liệu khống chế và hiệu chỉnh các tham số. Tính diễn biến lan truyền của độ tổng khoáng hóa cho các năm 2004, 2010, 2015, 2020 và 2030.

b) *Phương án 2* : điều kiện ban đầu là sự phân bố tổng độ khoáng hóa năm 2004, đặt 20 lỗ khoan khai thác với lưu lượng khai thác là  $15.920 \text{ m}^3/\text{ng}$  tại trung tâm vùng nước nhạt ( $< 1,5 \text{ g/l}$ ). Tính diễn biến lan truyền của độ tổng khoáng hóa cho các năm 2015 và 2030.

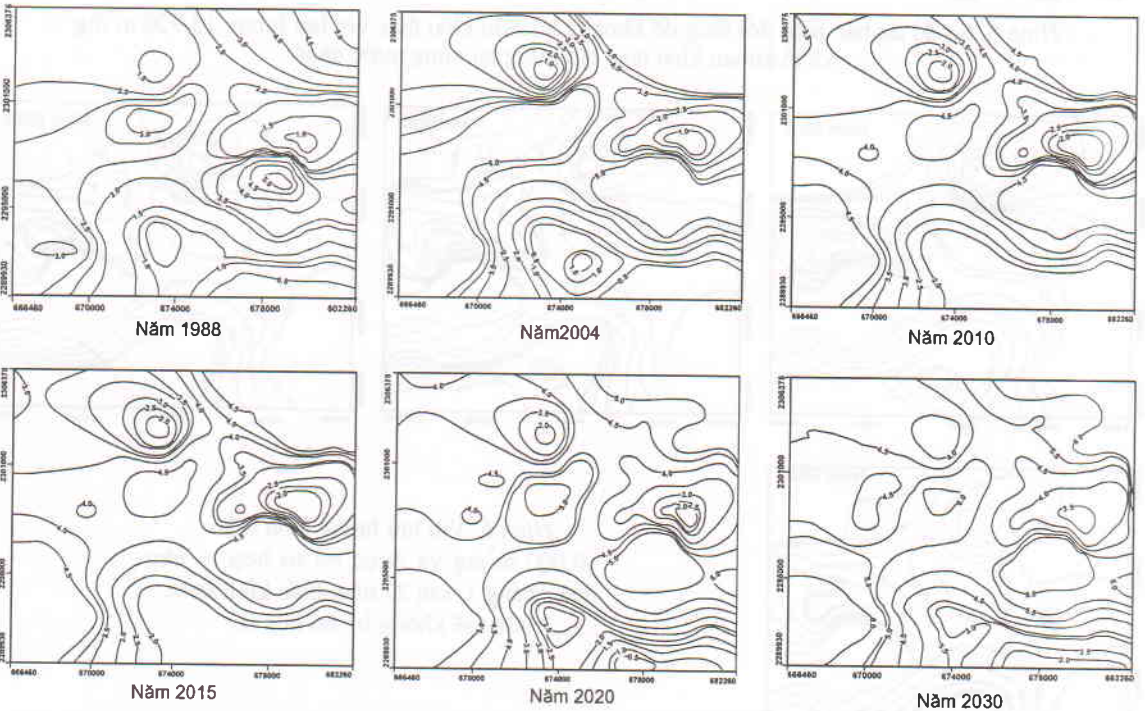
c) *Phương án 3* : điều kiện ban đầu là sự phân bố tổng độ khoáng hóa năm 2004. Hệ thống gồm 20 lỗ khoan phân bố như phương án 1, điều chỉnh lưu lượng khai thác tại các lỗ khoan để diện tích thấu kính nước nhạt không bị thu hẹp theo thời gian.

Kết quả tính toán trên mô hình như sau :

a) *Trong phương án 1* : lấy phân bố tổng độ khoáng hóa ban đầu là năm 1988 với lưu lượng khai thác và phân bố lỗ khoan như trên *bảng 1*, tính đến các năm 2004, 2010, 2015, 2020 và 2030 chúng ta thấy với lưu lượng khai thác như thực tế hiện nay, đến năm 2030 toàn bộ vùng nước nhạt sẽ bị nhiễm mặn hoàn toàn (*hình 4*).

b) *Phương án 2* : hệ thống khai thác gồm 20 lỗ khoan khai thác với lưu lượng  $15.920 \text{ m}^3/\text{ng}$ , đến năm 2015 (sau 10 năm) tại bãi giếng khai thác bị nhiễm mặn (*hình 5*). Đồng thời bắt đầu xuất hiện khối nước nhạt tại khu vực xã Phù Liễn, Văn Đẩu (huyện Kiến An). Khi tiếp tục khai thác nước tại bãi giếng nước dần dần được làm nhạt hóa và khối nước nhạt có diện tích lớn dần lên. Đến năm 2030 nước tại bãi giếng hoàn toàn được làm nhạt hóa và khối nước nhạt cũng có diện tích lớn nhất.

c) *Phương án 3* : với phân bố lỗ khoan khai thác như phương án 1 để cho diện tích thấu kính nước nhạt không bị thu hẹp theo thời gian, tổng lưu lượng khai thác trong vùng phải giới hạn ở mức  $10.000 \text{ m}^3/\text{ng}$  và lưu lượng khai thác hợp lý tại các lỗ khoan phải điều chỉnh lại như trong *bảng 1* (*hình 6*).



Hình 4. Biến đổi tổng độ khoáng hóa theo thời gian của tầng chứa nước Pleistocen (qp) với lưu lượng khai thác  $15.920 \text{ m}^3/\text{ng}$

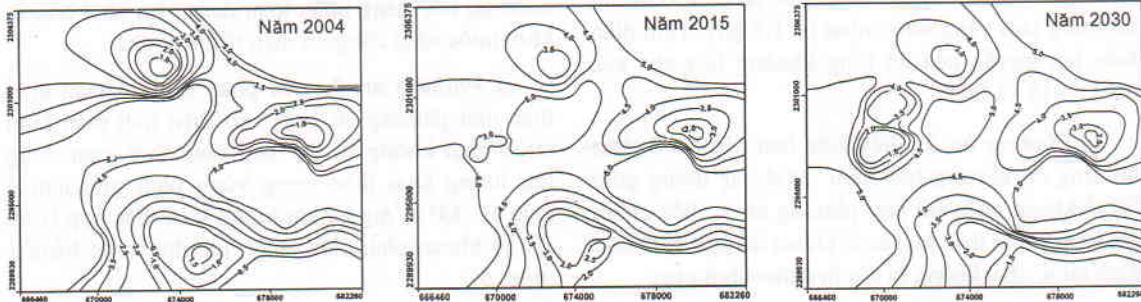


**Bảng 1. Vị trí và lưu lượng khai thác của các lỗ khoan**

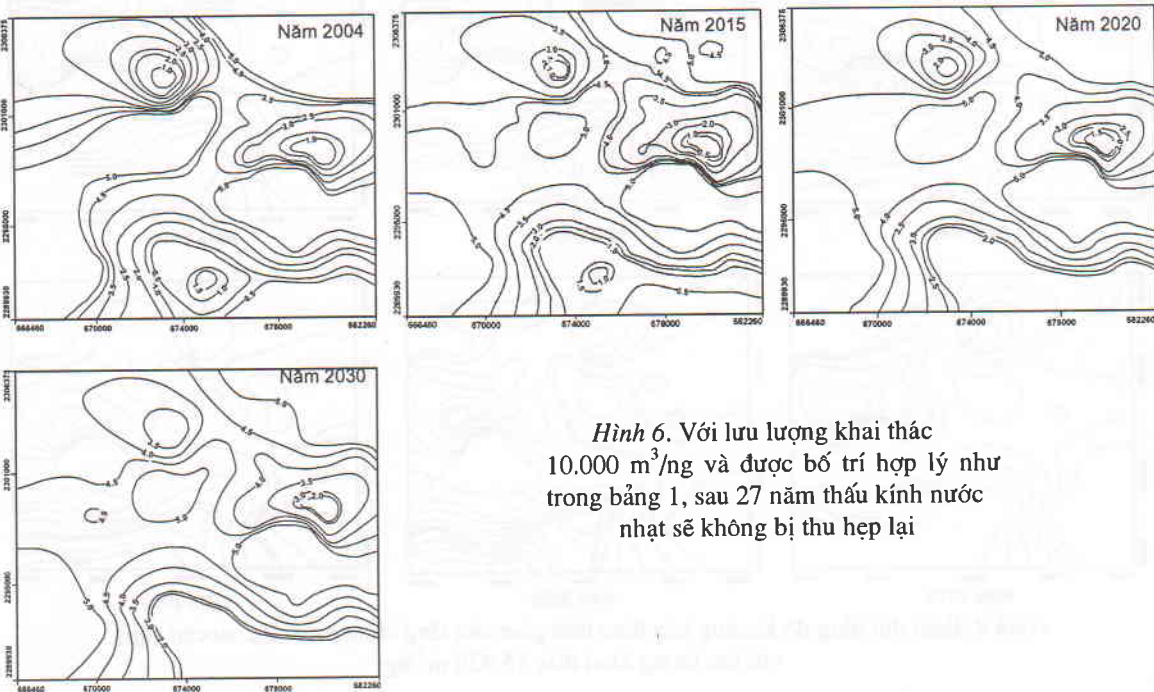
Số hiệu LK (1)	Tên xã (2)	Q (m <sup>3</sup> /ng)	
		Theo P/A 1 và 2 (3)	Theo P/A 3 (4)
LK1	Xích Thọ	850	200
LK2	Cụm 2	850	200
LK3	Vĩnh Niệm	850	200
LK4	Đàng Lâm	760	700
LK5	Tràng Cát	760	700
LK6	Nam Hải	850	200
LK7	Anh Dũng	850	200
LK8	Hưng Đạo	850	200
LK9	Đa Phúc	850	200
LK10	Hoà Nghĩa	760	700

**Bảng 1 (tiếp theo)**

(1)	(2)	(3)	(4)
LK11	Minh Tâm	850	200
LK12	Thủy Phương	760	700
LK13	Kiến Quốc	760	700
LK14	Thanh Sơn	760	700
LK15	Đại Hà	760	700
LK16	Ngũ Đoan	760	700
LK17	Hợp Đức	760	700
LK18	Tân Trào	760	700
LK19	Tân Phong	760	700
LK20	Tú Sơn	760	700
Tổng Q khai thác :		15.920	10.000



**Hình 5. Sơ đồ dự báo biến đổi tổng độ khoáng hóa khi khai thác với lưu lượng 15.920 m<sup>3</sup>/ng và lỗ khoan khai thác tập trung tại vùng nước nhạt**



**Hình 6. Với lưu lượng khai thác 10.000 m<sup>3</sup>/ng và được bố trí hợp lý như trong bảng 1, sau 27 năm thấu kính nước nhạt sẽ không bị thu hẹp lại**

## KẾT LUẬN

Từ các kết quả nghiên cứu nêu trên, các tác giả đưa ra một số kết luận sau :

- Các kết quả thăm dò điện đã cho phép ta xây dựng lại bức tranh phân bố tổng độ khoáng hoá của tầng chứa nước Pleistocen (qp) tại thời điểm năm 1988. So sánh với phân bố tổng độ khoáng hoá năm 2004 cho thấy tầng nước ngầm Pleistocen (qp) đang bị suy thoái nghiêm trọng, diện tích vùng nước nhạt đã bị thu hẹp lại khoảng 1/3 lần so với năm 1988. Sơ đồ phân bố tổng độ khoáng hoá năm 1988 và 2004 và sơ đồ cấu trúc tầng chứa nước là cơ sở số liệu hữu ích cho việc áp dụng phương pháp mô hình số để dự báo mức độ nhiễm mặn và lưu lượng khai thác hợp lý của vùng nghiên cứu.

- Tình trạng khai thác nước tự phát như hiện nay, với lưu lượng khai thác khoảng 15.920 m<sup>3</sup>/ng, toàn bộ vùng nước nhạt này sẽ bị nhiễm mặn hoàn toàn vào năm 2030. Bằng việc bố trí lỗ khoan khai thác tập trung vào khu vực vùng nước nhạt sẽ hạn chế được tốc độ nhiễm mặn. Với lượng khai thác có thể đạt 15.920 m<sup>3</sup>/ng, vùng nước nhạt vẫn còn duy trì được đến năm 2030.

- Với tình trạng khai thác nước ngầm phân tán như hiện nay, để đảm bảo diện tích nước nhạt không bị thu hẹp lại, lưu lượng khai thác cho cả vùng cần phải điều chỉnh thấp hơn 10.000 m<sup>3</sup>/ng và những vùng đã bị nhiễm mặn phải hạn chế tối đa hoặc ngừng khai thác nước ở tầng này. Với lưu lượng khai thác nhỏ hơn 10.000 m<sup>3</sup>/ng và giếng khoan tập trung ở trung tâm vùng nước nhạt có thể coi là lưu lượng khai thác an toàn cho toàn vùng.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] M.P. ANDERSON, W.W. WOESSEER, 1992 : Applied ground water modeling. Academic Press, Inc., New York.

[2] G.E. ARCHIE, 1944 : The electrical resistivity log as an aid in determining some reservoir characteristics. Am. Inst. Min. Metallurg Petr. Eng. Tech. Paper 1422.

[3] N. GUIGUER and T. FRANZ, 2004 : Visual Modflow, Version 5.2, Waterflow Hydrogeologic Software, Toronto.

[4] NGUYỄN KIM NGỌC (chủ biên), 1998 : Báo cáo tổng kết điều tra khảo sát hiện trạng môi trường nước sinh hoạt nông thôn thành phố Hải Phòng. Lưu trữ Trường Đại học Mỏ - Địa chất, 107 trang.

[5] MẠC VĂN THĂNG (chủ biên), 1994 : Thành lập bản đồ địa chất thuỷ văn 1:50.000, vùng Hải Phòng. Lưu trữ Bộ Công nghiệp, Cục Địa chất Việt Nam, 149 trang.

[6] H.F. WANG, W.W. WOESSEER, 1982 : Introduction to groundwater Modelling. Academic Press, Inc., New York.

[7] CHIEH-HOU YANG, LUN-TAO TONG and CHING-FENG HUANG, 1999 : Combined application of DC and TEM to sea-water intrusion mapping. Geophysics, Vol. 64, 2, 417-427.

## SUMMARY

### Forecasting the saltwater intrusion in Haiphong area by the electrical resistivity and hydrogeology modeling methods

In this paper, the results of applying geophysical and hydrogeological modeling methods for predicting and forecasting saltwater intrusion in Haiphong coastal plain were presented. The analysis of electrical data allows predicting the total dissolved solids (TDS) of the Pleistocene aquifer (qp) for the period 1988-2004. The result also shows serious degradation of the Pleistocene aquifer (qp). Based on the maps of TDS distribution for the 1988-2004 period, the saltwater intrusion and water exploitation rate can be predicted using the hydrogeological modeling method. According to the modeling calculation, the present distribution of pumping wells and exploitation rate of 15,920 m<sup>3</sup> per day in the study region can lead to the heavily salinization of the potable qp aquifer in 27 years. However, if the pumping wells are redistributed into the center of the potable aquifer, it will only be narrowed in 27 years even at the same exploiting rate. The calculation also shows that, in order to maintain the current potable water area, the optimal exploitation rate should not exceed 10,000 m<sup>3</sup> per day, and the water exploitation in the saltwater area must be reduced and controlled.

Ngày nhận bài : 12-8-2007

Viện Địa chất - Địa vật lý Biển, VKH&CN  
Cục Quản lý Tài nguyên Nước, BTN&MT