

# MỘT SỐ ĐẶC ĐIỂM VỀ CẤU TRÚC TRẦM TÍCH PLIOCEN - ĐỆ TỨ VÙNG GIAO THỦY, NAM ĐỊNH XÁC ĐỊNH TRÊN CƠ SỞ PHÂN TÍCH TÀI LIỆU TRỌNG LỰC CHI TIẾT KẾT HỢP VỚI TÀI LIỆU ĐỊA CHẤT - ĐỊA VẬT LÝ KHÁC

PHẠM NAM HÙNG<sup>1</sup>, NGUYỄN ĐỨC VINH<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Viện Vật lý Địa cầu, Viện KH&CN Việt Nam, Hoàng Quốc Việt, Hà Nội.

<sup>2</sup>Trường đại học Khoa học Tự nhiên, 334 Nguyễn Trãi, Hà Nội

**Tóm tắt:** Trên cơ sở kết quả phân tích tài liệu trọng lực chi tiết có được các tác giả đã tiến hành xác định đặc trưng cấu trúc trầm tích Pliocen - Đệ tứ vùng Giao Thủy, tỉnh Nam Định. Kết quả nghiên cứu cho thấy:

1. Giá trị dự báo lớn nhất của mặt đáy hệ tầng Hải Hưng vùng ven biển Giao Thủy là 70-76 m, độ sâu lớn nhất tới đáy hệ tầng Hà Nội có thể đạt 120-130 m, trong khi mặt đáy hệ tầng Lê Chi được dự báo ở mức 250-260 m. Độ sâu tới mặt đáy hệ tầng Vĩnh Bảo vùng nghiên cứu được dự báo có thể đạt 450-460 m.

2. Giá trị mật độ của hệ tầng Hải Hưng là 1,40-1,64 g/cm<sup>3</sup>; của hệ tầng Hà Nội là 1,45-1,70 g/cm<sup>3</sup>; của hệ tầng Lê Chi là 1,54-1,78 g/cm<sup>3</sup> và của hệ tầng Vĩnh Bảo nằm trong khoảng 1,63-1,90 g/cm<sup>3</sup>.

## I. MỞ ĐẦU

Ở vùng ven biển huyện Giao Thủy, tỉnh Nam Định phổ biến các tầng chứa nước (Holocen và Pleistocen) bị nhiễm mặn và lợ, ảnh hưởng đến hầu hết các xã nằm sát cửa Sông Hồng [8]. Do đó, ngày nay người ta đang quan tâm nghiên cứu đến các tầng chứa nước dưới sâu chưa bị nhiễm mặn. Theo dự đoán của một số nhà địa chất - địa vật lý thì tầng chứa nước sâu như tầng Vĩnh Bảo có thể đạt tới 300-400 m và có thể lớn hơn.

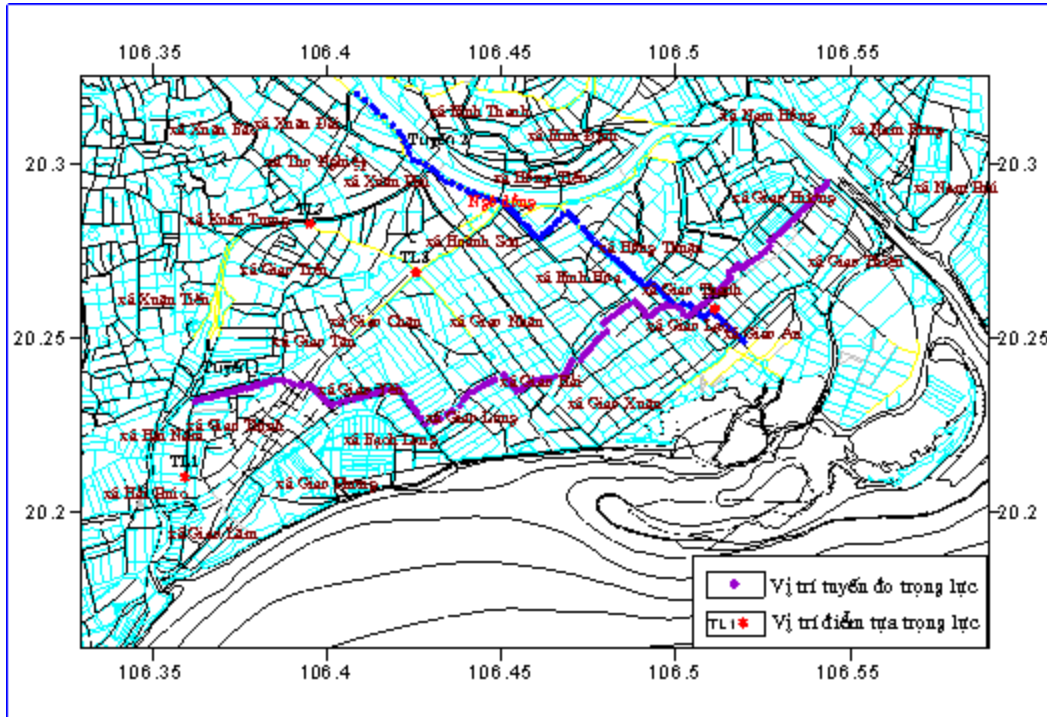
Theo tài liệu mới nhất có được [8, 10] thì trầm tích Pliocen - Đệ tứ vùng nghiên cứu được đặc trưng bởi các hệ tầng chủ yếu sau: hệ tầng Thái Bình ( $Q_{II}^3 tb$ ); phụ hệ tầng Hải Hưng trên ( $Q_{II}^{1-2} hh_2$ ); phụ hệ tầng Hải Hưng dưới ( $Q_{II}^{1-2} hh_1$ ); hệ tầng Hà Nội (a, am  $Q_{I-II} hn$ ); hệ tầng Lê Chi ( $Q_I lc$ ) và hệ tầng Vĩnh Bảo ( $N_I vb$ ). Do đặc điểm cấu trúc địa chất phức tạp nên độ sâu tới đáy của các hệ tầng trên Pleistocen được nghiên cứu khá đầy đủ, trong khi bề dày của hệ tầng Vĩnh Bảo cũng như độ sâu tới đáy của hệ tầng này còn hạn chế và cũng chưa có nhiều tài liệu nghiên cứu về độ sâu của hệ tầng này.

Góp phần tìm hiểu đặc điểm cấu trúc địa chất trầm tích Pliocen - Đệ tứ vùng Giao Thủy, trong khuôn khổ bài báo này các tác giả tiến hành một loạt phương pháp phân tích kết hợp tài liệu địa chất - địa vật lý có được với tài liệu trọng lực nhằm đánh giá một số đặc điểm cấu trúc địa chất trầm tích Pliocen - Đệ tứ vùng nghiên cứu.

Các tài liệu được sử dụng gồm: dị thường trọng lực Bouguer và các tài liệu về mật độ, độ sâu của các mặt ranh giới theo tuyến có được trên cơ sở các kết quả phân tích tài liệu địa chấn thăm dò, tài liệu đo sâu điện và tài liệu khoan.

Vùng nghiên cứu được giới hạn trong khung tọa độ địa lý là:

$$\varphi = 20^{\circ}10' - 20^{\circ}20' \text{ B}; \lambda = 106^{\circ}20' - 106^{\circ}35' \text{ Đ.}$$



Hình 1. Sơ đồ vùng nghiên cứu và vị trí tuyến đo trọng lực chi tiết.

## II. PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH

Trong khuôn khổ thực hiện nhiệm vụ của Đề tài: "Xác định tầng chứa nước dưới sâu (hệ tầng Vĩnh Bảo) tại vùng ven biển cửa sông Hồng theo các phương pháp địa vật lý" do TS. Đặng Thanh Hải làm chủ nhiệm [7], chúng tôi đã tiến hành đo đạc 2 tuyến trọng lực chi tiết nhằm nghiên cứu đặc trưng cấu trúc địa chất vùng nghiên cứu (Hình 1).

Quá trình phân tích số liệu trọng lực vùng Giao Thủy được tiến hành theo 2 nhóm phương pháp sau:

### 1. Giải bài toán ngược 2,5 D phân tích tài liệu trọng lực

Nhằm nâng cao hiệu quả của phương pháp trọng lực trong nghiên cứu cấu trúc địa chất nông, trong bài báo này việc giải bài toán ngược 2,5 D nhằm phân tích tài liệu trọng lực đã được chúng tôi thực hiện. Quá trình phân tích này được tiến hành tuần tự theo các bước sau:

**1.1. Xây dựng mô hình cấu trúc ban đầu:** Việc xây dựng mô hình cấu trúc ban đầu được dựa trên cơ sở:

- Các thông số cấu trúc có được theo các loại tài liệu địa chất - địa vật lý khác nhau. Cụ thể đối với vùng nghiên cứu, chúng tôi sử dụng các tài liệu khoan, địa chất, địa chấn và đo sâu điện.

- Phác họa mô hình ban đầu trên cơ sở các thành phần trường trọng lực và từ. Thực chất của quá trình này là thiết lập các điểm đặc trưng của dị thường. Thông thường, chúng tôi sử dụng các quá trình biến đổi như thiết lập mặt cắt thẳng đứng của các loại gradient, mặt cắt hệ số cấu trúc/mật độ [1-5].

**1.2. Thiết lập mô hình mật độ:** Mô hình mật độ vùng nghiên cứu được thiết lập trên cơ sở kết quả nghiên cứu thông số mật độ của đất đá (Tổng cục Địa chất và Khoáng sản) và thông số mật độ được xác định tại các độ sâu khác nhau của lỗ khoan.

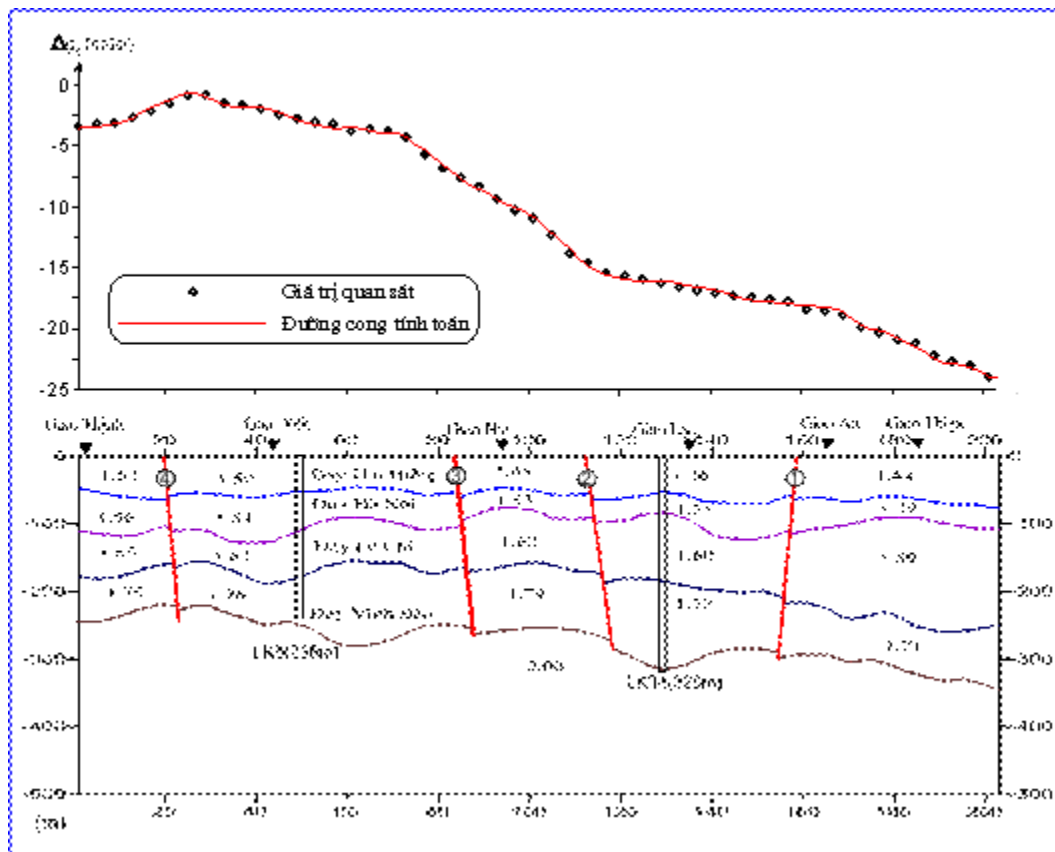
**1.3. Giải bài toán ngược trọng lực 2,5 D:** Bài toán ngược trọng lực được sử dụng trong nghiên cứu cấu trúc mặt ranh giới trầm tích Pliocen - Đệ tứ là bài toán mô hình vật thể có tiết diện nằm ngang là đa giác mà phương kéo dài chỉ giới hạn trong phạm vi cấu trúc của vùng.

Trên cơ sở phương pháp phân tích trên, chúng tôi đã nhận được kết quả của việc giải bài toán ngược trọng lực 2,5 D dọc theo 2 tuyến nghiên cứu (Hình 2 và 3), với sai số độ lệch trung bình rất nhỏ giữa giá trị quan sát và giá trị tính toán bằng 0,12 mGal đối với tuyến 1 và 0,084 mGal đối với tuyến 2.

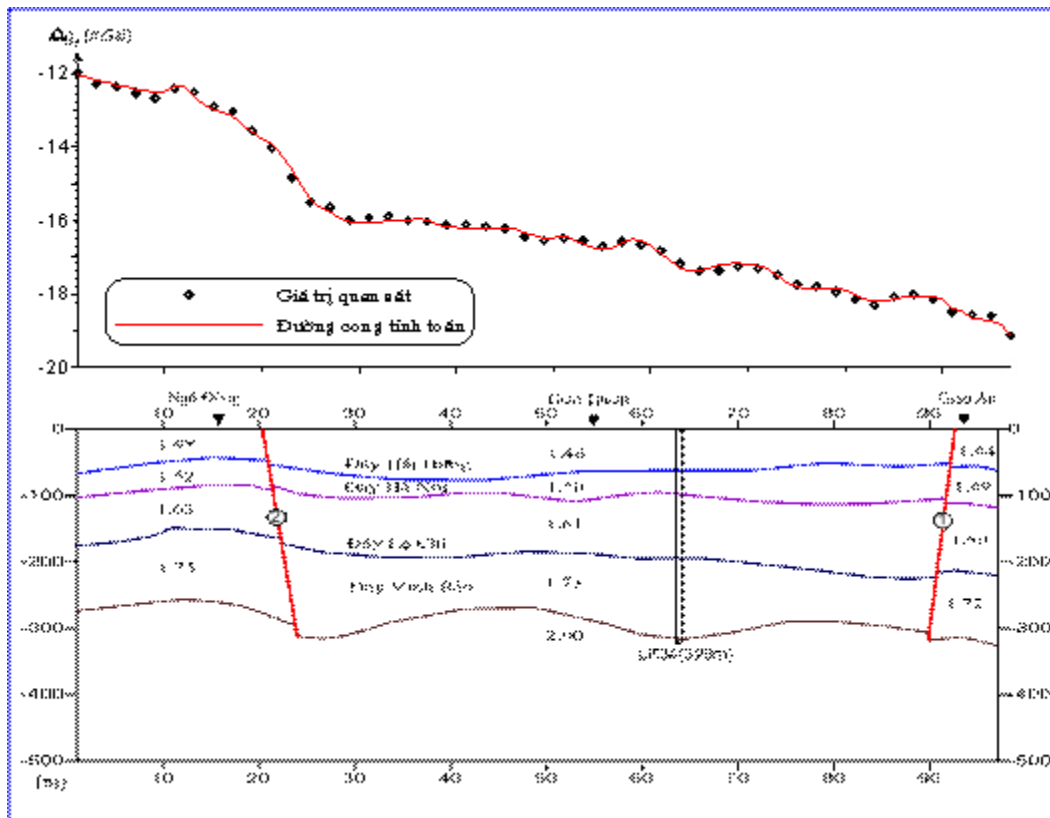
Các kết quả theo tuyến này được sử dụng làm chuẩn khi kết hợp với các tài liệu địa chất - địa vật lý khác có được nhằm mục đích phục vụ cho bài toán tương quan tuyến tính nhiều chiều theo diện để dự báo độ sâu và mật độ của các hệ tầng trầm tích Pliocen - Đệ tứ.

## 2. Phương pháp nghiên cứu dự báo độ sâu thể nằm trầm tích Pliocen - Đệ tứ

**2.1. Tham số mật độ của một số loại đá đặc trưng của trầm tích Pliocen - Đệ tứ:** Tham số mật độ được sử dụng trong nghiên cứu này được thiết lập trên cơ sở tài liệu sau đây: 1/ Tham khảo tài liệu về mật độ của các lỗ khoan thăm dò vùng trũng Hà Nội; 2/ Kết quả nghiên cứu tính chất vật lý của đá và quặng trên lãnh thổ Việt Nam [9].



Hình 2. Mặt cắt cấu trúc - mật độ dọc tuyến đo trọng lực (Tuyến 1).



Hình 3. Mặt cắt cấu trúc - mật độ dọc tuyến đo trọng lực (Tuyến 2).

Bảng 1. Thông số vật lý của một số hệ tầng đặc trưng vùng Giao Thủy

TT	Hệ tầng	Thành phần thạch học	Giá trị mật độ (g/cm <sup>3</sup> )
1	Hải Hưng (Holocen, Q <sub>IV</sub> )	Cát bột bãi triều, cuội, sạn bồi tích	1,33-1,52
2	Hà Nội (Pleistocen, Q <sub>II-III</sub> )	Cuội sỏi xen các tập sét mỏng và mùn thực vật	1,57
3	Lê Chi (Pleistocen, Q <sub>I</sub> )	Sét lẫn cát hạt mịn	1,62-1,72
4	Vĩnh Bảo (Pliocen, N <sub>2</sub> )	Bột kết, sét kết chứa than nâu	1,7-1,9
5	Tiên Hưng (Miocen muộn, N <sub>1</sub> <sup>2</sup> )	Bột kết, sét kết chứa than nâu	1,92-2,15

2.2. Xây dựng hàm tương quan tuyến tính nhiều chiều xác định độ sâu và mật độ đá: Hàm tương quan tuyến tính nhiều chiều có dạng:

$$H_i = a_0 + a_1g_1 + a_2g_2 + \dots + a_n g_n$$

Trường hợp hai biến phụ thuộc, công thức có dạng:

$$H = a_0 + a_1g_1$$

trong đó: H là độ sâu tới các mặt cần tính;  $g_i$  là các biến phụ thuộc của hàm H. Chúng có thể là giá trị trường trọng lực Bouguer hoặc dị thường trọng lực dư;  $a_0, a_1, \dots, a_n$  là các hằng số, được xác định trên cơ sở phương pháp bình phương tối thiểu như sau:

$$a_0 = \frac{\sum g_i^2 \sum H_i - \sum g_i \sum H_i}{n \sum g_i^2 - (\sum g_i)^2}; \quad a_i = \frac{n \sum H_i g_i - (\sum g_i)(\sum H_i)}{n \sum g_i^2 - (\sum g_i)^2}$$

Hệ số tương quan tuyến tính nhiều chiều R được xác định trên cơ sở công thức:

$$R_{x,H} = \frac{\sum_{i=1}^n (g_i - \bar{G})(H_i - \bar{H})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (g_i - \bar{G})^2 \cdot \sum_{i=1}^n (H_i - \bar{H})^2}} \quad \text{với:} \quad \bar{G} = \frac{\sum_{i=1}^n g_i}{n}; \quad \bar{H} = \frac{\sum_{i=1}^n H_i}{n}$$

trong đó:  $\bar{G}$  là giá trị trung bình của dị thường trọng lực Bouguer; còn  $\bar{H}$  là giá trị trung bình của độ sâu H (km);  $i = 1, 2, \dots, n$  số lần quan sát với các cặp giá trị G và H dùng để tính tương quan.

### III. ĐẶC ĐIỂM CẤU TRÚC TRẦM TÍCH PLIOCEN - ĐỆ TỨ VÙNG GIAO THỦY

#### 1. Dự báo độ sâu các mặt ranh giới trầm tích Pliocen - Đệ tứ

Độ sâu tới đáy của các hệ tầng trầm tích Pliocen - Đệ tứ chủ yếu được các tác giả dự báo trên cơ sở hàm tương quan tuyến tính nhiều chiều. Cơ sở phương pháp luận của phương pháp phân tích này được đề cập trong các công trình trước đây [4, 5]. Các số liệu chuẩn được sử dụng cho việc thiết lập hàm tương quan tuyến tính nhiều chiều là độ sâu được xác định theo tài liệu khoan hoặc địa vật lý khác có được và các thành phần trường dị thường trọng lực Bouguer được thiết lập. Do số liệu gốc còn hạn chế nhiều, nên có một số mặt ranh giới cơ bản không được dự báo theo diện.

Các giá trị thành phần trường trọng lực được sử dụng trong việc thiết lập hàm tương quan tuyến tính bội là giá trị trọng lực ở mức nâng trường khác nhau, lần lượt cách nhau 1 km từ 1 đến 10 km và các giá trị dị thường dư ở các mức nâng trường khác nhau.

Nguyên lý thiết lập hàm là dựa trên cơ sở hệ số tương quan lớn nhất. Trước hết, chúng tôi tính toán tương quan đơn từng cặp một, sau đó sử dụng ưu tiên theo giá trị tương quan từ lớn nhất đến nhỏ nhất để tiến hành tính toán hàm tương quan nhiều chiều, cứ lần lượt đưa vào hàm tương quan từ 2 chiều, 3 chiều, ..., đến n chiều. Sau mỗi lần nâng giá trị biến lên là mỗi lần xác định giá trị tương quan tương ứng, cho đến khi tăng biến đưa vào mà giá trị tương quan không tăng thì kết thúc chu trình tính toán.

**1.1. Dự báo cấu trúc đáy của hệ tầng Hải Hưng:** Hàm tương quan giữa độ sâu đáy hệ tầng Hải Hưng ( $H_{HH}$ ) và các thành phần trường trọng lực Bouguer được xác định có hàm phụ thuộc tuyến tính nhiều chiều sau:

$$H_{HH} = 0,286 - 0,0196 * x_1 + 0,165 * x_2 - 0,2064 * x_3 + 0,8250 * x_4 - 0,6152 * x_5$$

trong đó:  $x_1$ : Giá trị nâng trường trọng lực 1 km;  $x_2$ : Giá trị nâng trường trọng lực 6 km;  $x_3$ : Hiệu giá trị nâng trường trọng lực 0-6 km;  $x_4$ : Hiệu giá trị nâng trường trọng lực 0-9 km;  $x_5$ : Hiệu giá trị nâng trường trọng lực 0-10 km; Tổng số điểm sử dụng: 532 điểm; Hệ số tương quan  $R = 0,80$ .

Giá trị độ sâu dự báo của mặt đáy hệ tầng Hải Hưng dao động từ 46 đến 76 m (Hình 4). Đặc điểm nổi bật của mặt đáy này là có xu thế sâu dần từ tây nam sang đông bắc. Hay nói cách khác, mặt đáy này có xu thế sâu dần ra phía biển và tạo thành dải dị thường theo phương TB-ĐN.

**1.2. Dự báo cấu trúc đáy hệ tầng Hà Nội:** Hàm tương quan giữa độ sâu đáy hệ tầng Hà Nội ( $H_{HN}$ ) và các thành phần trường trọng lực Bouguer được xác định có hàm phụ thuộc tuyến tính nhiều chiều sau:

$$H_{HN} = 0,0767 + 0,0002*x_1 - 0,0011*x_2 + 0,0961*x_3 - 0,2582*x_4 + 0,1582*x_5$$

trong đó:  $x_1$ : Giá trị trường trọng lực;  $x_2$ : Giá trị nâng trường trọng lực 6 km;  $x_3$ : Hiệu giá trị nâng trường trọng lực 0-6 km;  $x_4$ : Hiệu giá trị nâng trường trọng lực 0-8 km;  $x_5$ : Hiệu giá trị nâng trường trọng lực 0-10 km; Tổng số điểm sử dụng: 532 điểm; Hệ số tương quan  $R = 0,78$ .

Giá trị độ sâu dự báo của mặt đáy hệ tầng Hà Nội dao động từ là 80 đến 130 m (Hình 5), tạo thành chuỗi các dị thường độ sâu theo phương TB-ĐN.

### 1.3. Dự báo cấu trúc đáy hệ tầng Lệ Chi

Hàm tương quan giữa độ sâu đáy hệ tầng Lệ Chi ( $H_{LC}$ ) và các thành phần trường trọng lực Bouguer được xác định có hàm phụ thuộc tuyến tính nhiều chiều sau:

$$H_{LC} = - 0,1284 - 0,0040*x_1 - 0,0281*x_2 + 0,0119*x_3 - 0,5218*x_4 + 0,5149*x_5$$

trong đó:  $x_1$ : Giá trị trường trọng lực;  $x_2$ : Giá trị nâng trường trọng lực 1 km;  $x_3$ : Giá trị nâng trường trọng lực 6 km;  $x_4$ : Hiệu giá trị nâng trường trọng lực 0-6 km;  $x_5$ : Hiệu giá trị nâng trường trọng lực 0-7 km; Tổng số điểm sử dụng: 532 điểm; Hệ số tương quan  $R = 0,80$ .

Độ sâu dự báo của đáy hệ tầng Lệ Chi biến đổi trong khoảng 150-260 m. Mặt đáy này cũng có xu thế sâu dần từ tây nam sang đông bắc với dải dị thường độ sâu theo phương TB-ĐN (Hình 6).

**1.4. Dự báo cấu trúc đáy hệ tầng Vĩnh Bảo:** Hàm tương quan giữa độ sâu đáy hệ tầng Vĩnh Bảo ( $H_{VB}$ ) và các thành phần trường trọng lực Bouguer được xác định có hàm phụ thuộc tuyến tính nhiều chiều sau:

$$H_{VB} = 4,1609 - 0,3370*x_1 - 2,0295*x_2 + 17,2432*x_3 - 27,3570*x_4 - 5,4410*x_5 + 8,1086*x_6$$

trong đó:  $x_1$ : Giá trị nâng trường trọng lực 1 km;  $x_2$ : Giá trị nâng trường trọng lực 4 km;  $x_3$ : Giá trị nâng trường trọng lực 6 km;  $x_4$ : Giá trị nâng trường trọng lực 8 km;  $x_5$ : Giá trị nâng trường trọng lực 9 km;  $x_6$ : Giá trị nâng trường trọng lực 10 km; Tổng số điểm sử dụng: 532 điểm; Hệ số tương quan  $R = 0,92$ .

Giá trị độ sâu của mặt đáy hệ tầng Vĩnh Bảo thay đổi từ 220 đến 460 m, tạo thành các cấu trúc âm, dương dạng dải theo phương TB-ĐN. Độ sâu dự báo lớn nhất của mặt đáy hệ tầng Vĩnh Bảo là 450-460 m, với bề dày có giá trị thay đổi từ 60 đến 240 m và có xu thế tăng dần theo hướng từ trong đất liền ra biển (Hình 7).

## 2. Dự báo phân bố mật độ của các hệ tầng cấu trúc

Hàm tương quan tuyến tính nhiều chiều giữa giá trị mật độ ( $\rho$ ) với độ sâu ( $h$ ) và các thành phần trường dị thường Bouguer ( $g$ ) vùng nghiên cứu được xác định có dạng:

$$\rho_h = 1,571 + 0,0009*h + 0,0406*g_1 - 1,3236*g_2 + 1,2013*g_3 + 1,6544*g_4 - 1,5486*g_5$$

trong đó:  $h$ : Giá trị độ sâu;  $g_1$ : Hiệu giá trị nâng trường trọng lực 0-1 km;  $g_2$ : Hiệu giá trị nâng trường trọng lực 0-6 km;  $g_3$ : Hiệu giá trị nâng trường trọng lực 0-7 km;  $g_4$ : Hiệu giá trị nâng trường









2/ Giá trị dự báo lớn nhất của mặt đáy hệ tầng Hải Hưng là 70-76 m, độ sâu lớn nhất tới đáy hệ tầng Hà Nội có thể đạt 120-130 m, trong khi mặt đáy hệ tầng Lê Chi được dự báo ở mức 250-260 m. Độ sâu tới đáy hệ tầng Vĩnh Bảo ở vùng nghiên cứu được dự báo có thể đạt 450-460 m.

3/ Giá trị mật độ của hệ tầng Hải Hưng là 1,40-1,64 g/cm<sup>3</sup>; của hệ tầng Hà Nội là 1,45-1,70 g/cm<sup>3</sup>; của hệ tầng Lê Chi là 1,54-1,78 g/cm<sup>3</sup> và của hệ tầng Vĩnh Bảo nằm trong khoảng 1,63-1,90 g/cm<sup>3</sup>.

## VĂN LIỆU

**1. Cao Đình Triều, Nguyễn Tiến Hóa, Mai Xuân Bách, Phạm Nam Hưng, 2004.** Nghiên cứu đặc trưng cấu trúc mặt ranh giới N-Q đồng bằng Nam Bộ trên cơ sở phân tích tài liệu trọng lực kết hợp với tài liệu địa chất-địa vật lý khác. *Tuyển tập báo cáo NCCB trong lĩnh vực các KH về TD phục vụ phát triển bền vững KT-XH khu vực Nam Bộ. Tp Hồ Chí Minh, tr. 36-50.*

**2. Cao Đình Triều, Phạm Nam Hưng, 2005.** Sử dụng phương pháp vi trọng lực nghiên cứu đới phá hủy của đứt gãy Sơn La tại vùng chấn tâm động đất Tuần Giáo. *TC Địa chất, A/286 : 29-38. Hà Nội.*

**3. Cao Đình Triều, Phạm Nam Hưng, Thái Anh Tuấn, 2005.** Khả năng sử dụng tài liệu trọng lực để nghiên cứu đới khe nứt kiến tạo. *TC Các KH về TD, 27/4 : 365-373. Hà Nội.*

**4. Cao Đình Triều, Lê Văn Dũng, Phạm Nam Hưng, 2006.** Áp dụng phương pháp trọng lực chính xác cao trong nghiên cứu cấu trúc địa chất nông ở Việt Nam. *TC KH-KT Mô-Địa chất, 14 : 61-66. Hà Nội.*

**5. Cao Đình Triều, Lê Văn Dũng, Phạm Nam Hưng, Mai Xuân Bách, Nguyễn Hữu Tuyên, Thái Anh Tuấn, Bùi Anh Nam, 2009.** Một số kết quả bước đầu nghiên cứu cấu trúc móng trước Kainozoi khu vực Tp Hồ Chí Minh và kế cận trên cơ sở tài liệu trọng lực. *TC các KH về TD, 31/4 : 335-345. Hà Nội.*

**6. Đặng Thanh Hải (Chủ nhiệm), 2009.** Đánh giá tiềm năng nguồn nước ngọt dưới sâu tại các khu dân cư ven biển. *Báo cáo Đề tài Liên hiệp các Hội KH&KT VN, Hà Nội, 70 tr.*

**7. Đặng Thanh Hải (Chủ nhiệm), 2011.** Xác định tầng chứa nước dưới sâu (hệ tầng Vĩnh Bảo) tại vùng ven biển cửa Sông Hồng theo các phương pháp địa vật lý. *Báo cáo Đề tài Liên hiệp các Hội KH&KT VN, Hà Nội, 100 tr.*

**8. Lê Thị Lại, Đoàn Văn Cánh (Đông chủ nhiệm), 2004.** Nghiên cứu điều tra tổng hợp tài nguyên nước dưới đất tỉnh Nam Định, đề xuất một số phương án quy hoạch khai thác sử dụng hợp lý và bền vững. *Báo cáo tổng kết Đề tài cấp tỉnh, Hà Nội, 98 tr.*

**9. Nguyễn Khải (Chủ biên), 1987.** Báo cáo kết quả nghiên cứu tính chất vật lý của đá và quặng trên lãnh thổ Việt Nam. *Lưu trữ Địa chất, Hà Nội.*

**10. Nguyễn Văn Độ (Chủ biên), 1996.** Báo cáo lập bản đồ địa chất thủy văn vùng Nam Định tỷ lệ 1:50.000, *Lưu trữ Địa chất, Hà Nội.*

**11. PIDC, 2005.** Báo cáo Chính xác hóa cấu trúc địa chất, đánh giá tiềm năng dầu khí (đặc biệt vùng phía Tây) miền vông Hà Nội, trên cơ sở tài liệu hiện có tới tháng 12/ 2003. *Lưu trữ Viện Dầu khí, Hà Nội.*

**12. Trần Văn Thắng (Chủ nhiệm) 2009.** Báo cáo điều tra đặc điểm địa động lực hiện đại và các tai biến địa chất-môi trường khu vực đồng bằng Sông Hồng và ảnh hưởng của chúng tới hạ tầng cơ sở. *Lưu trữ Hội Kiến tạo VN, Hà Nội.*

