

# MỘT SỐ NÉT CƠ BẢN VỀ CẤU TRÚC MANTI VÀ THẠCH QUYỂN ĐÔNG NAM Á

CAO ĐÌNH TRIỀU, MAI XUÂN BÁCH, PHẠM NAM HÙNG

*Viện Vật lý Địa cầu, Viện KH&CN Việt Nam,  
A8/18 Hoàng Quốc Việt, Cầu Giấy, Hà Nội*

**Tóm tắt:** Trong khuôn khổ bài báo này, các tác giả bước đầu lý giải đặc trưng cấu trúc manti và thạch quyển Đông Nam Á trên cơ sở tài liệu cắt lớp sóng địa chấn P và trọng lực vệ tinh. Kết quả nghiên cứu cho thấy:

1/ Đặc điểm cấu trúc của manti khu vực Đông Nam Á khá phức tạp. Ngoài biểu hiện phân lớp theo chiều thẳng đứng còn tồn tại các cấu trúc dị thường vận tốc theo chiều ngang. Nguyên nhân hình thành các cấu trúc dị thường này là do nóng chảy vật liệu manti. Điều này có thể lý giải bằng hiện tượng xáo trộn mạnh mẽ của dòng manti khi di chuyển từ ngoài vào Đông Nam Á.

2/ Dới ranh giới mảng Đông Nam Á có biểu hiện vát mỏng tương đối của thạch quyển, biến đổi trong phạm vi từ 70 đến 110 km và có biểu hiện phân chia thành các khối cấu trúc: 1/ Myanmar (Indo-Burma - 80-100 km); 2/ Nicobar (Biển Andaman - 70-75 km); 3/ Sumatra (75-95 km); 4/ Java (80-95 km); 5/ Timor (95-110 km); 6/ Halmahera (95-105 km); 7/ Sulu (90-110 km); 8/ Sulawesi (70-90 km); 9/ Philippines (85-110 km); 10/ Manila (95-105 km); 11/ Đài Loan (80-90 km); 12/ Batan (80-90 km).

3/ Trong phạm vi nội mảng Đông Nam Á có biểu hiện biến đổi giá trị độ sâu tới đáy thạch quyển khá phức tạp và bao gồm các khối cấu trúc: 1/ Sino-Burma (90-100 km); 2/ Shan Thái (95-105 km); 3/ Pattani (85-95 km); 4/ Đông Dương (Indochina, 80-105 km); 5/ Malaysia (85-95 km); 6/ Natuna (100-105 km); 7/ Việt-Trung (85-100 km); 8/ Hoàng Sa (75-85 km); 9/ Trung tâm Biển Đông (65-80 km); 10/ Trường Sa (90-110 km); 11/ Bắc Kalimantan (95-100 km); 12/ / Kalimantan (90-95 km); 13/ Barito (85-90 km); 14/ Banda (65-90 km); 15/ Sulu (biển Sulu và biển Sulawesi, 60-90 km).

## MỞ ĐẦU

Đông Nam Á có vị trí kiến tạo nằm ở rìa đông nam của mảng thạch quyển Âu-Á. Bao quanh vùng lãnh thổ rộng lớn này là các đới hút chìm kéo dài từ Myanmar qua Nikobar-Sumatra-Timor-Philippines tới Đài Loan. Phần diện tích còn lại của Đông Nam Á có chế độ hoạt động kiến tạo nội mảng. Với đặc điểm cấu trúc phức tạp như vậy, vấn đề nghiên cứu đặc trưng cấu trúc của manti và thạch quyển là cần thiết và có ý nghĩa khoa học. Kết quả đạt được của hướng phân tích này sẽ cho phép: hiểu biết thêm về đới ranh giới mảng; đặc điểm cấu trúc nội mảng; đặc điểm địa động lực và đặc trưng hoạt động động đất khu vực Đông Nam Á.

Khái niệm phân lớp về cấu trúc thạch quyển và manti Trái đất được sử dụng trong bài viết này như sau:

- 1/ Vỏ Trái đất là phần vỏ cứng trên cùng của Trái đất, trung bình chung nhất là từ 0 đến 50 km.
- 2/ Phần trên cùng của manti (uppermost mantle): 50-100 km.
- 3/ Thạch quyển (lithosphere): 0-100 km.
- 4/ Quyển dẻo (asthenosphere): 100-250 km.

5/ Phần dưới của manti trên (lower part of the upper mantle): 250-400 km.

6/ Quyền kiến tạo dưới hay còn gọi là đới chuyển tiếp giữa phần trên cùng của manti dưới và manti trên (lower tectonosphere or the transitional zone between the uppermost lower mantle and the upper Mantle): 400-650 km.

7/ Phần trên cùng của manti dưới (uppermost lower mantle): 650-850 km.

8/ Đỉnh của manti (top of mantle): 50-250 km.

9/ Quyền kiến tạo trên (upper tectonosphere): 50-400 km.

10/ Quyền kiến tạo (tectonosphere): 50-650 km.

11/ Manti dưới (lower mantle): 650-2600 km.

Trong khuôn khổ bài báo này các tác giả sẽ trình bày một số kết quả nghiên cứu mới về biểu hiện cấu trúc của manti và thạch quyển Đông Nam Á trên cơ sở phân tích kết hợp tài liệu cắt lớp sóng địa chấn (sóng dọc P) và trọng lực vệ tinh. Đây là kết quả hợp tác nghiên cứu giữa Viện Vật lý Địa cầu thuộc Viện KH&CN Việt Nam và Viện Vật lý Địa cầu Kiev (Viện Hàn lâm Khoa học Ukraina) giai đoạn 2008-2010.

## **I. MÔ HÌNH VẬN TỐC TRUYỀN SÓNG P CỦA THẠCH QUYỀN VÀ MANTI ĐÔNG NAM Á**

Cơ sở phương pháp luận phân tích tài liệu băng sóng địa chấn phục vụ xây dựng mô hình vận tốc sóng dọc địa chấn P được mô tả chi tiết trong [5, 8-11]. Kết quả đạt được cho phép rút ra một số nhận định sau:

1/ Vận tốc truyền sóng P trung bình của lớp dưới vỏ Trái đất, ở độ sâu 50 km biến động trong giới hạn 7,40-8,10 km/s<sup>2</sup>. Vận tốc sóng P cao (7,80-8,10 km/s<sup>2</sup>) trùng với khu vực có vỏ đại dương như Biển Đông Việt Nam, biển Philippines và Ấn Độ Dương. Đới ranh giới mảng được phản ánh trên tài liệu vận tốc sóng P như đới có giá trị vận tốc thấp. Giá trị vận tốc thấp ( $P = 7,40-7,70$  km/s<sup>2</sup>) trùng với cấu trúc Trường Sa và Kalimantan.

2/ Vận tốc truyền sóng P trung bình của đỉnh manti, ở độ sâu 100 km biến động trong giới hạn 7,80-8,10 km/s<sup>2</sup>. Vận tốc sóng P cao (8,00-8,10 km/s<sup>2</sup>) trùng với khu vực có vỏ đại dương như Biển Đông Việt Nam, biển Philippine và Ấn Độ Dương. Đới ranh giới mảng được phản ánh trên tài liệu vận tốc sóng P như đới có giá trị vận tốc thấp. Giá trị vận tốc thấp ( $P = 7,80-7,90$  km/s<sup>2</sup>) trùng với cấu trúc Trường Sa, bắc Kalimantan và Banda.

3/ Vận tốc truyền sóng P trung bình của quyền dẻo (quyển mềm) ở độ sâu 200 km biến động trong giới hạn 8,10-8,40 km/s<sup>2</sup>. Vận tốc sóng P cao (8,00-8,10 km/s<sup>2</sup>) trùng với khu vực có vỏ đại dương như Biển Đông Việt Nam, biển Philippines và Ấn Độ Dương. Giá trị vận tốc thấp ( $P = 8,10-8,20$  km/s<sup>2</sup>) trùng với cấu trúc Tây Bắc Bộ, bắc Sulawesi và đảo Cocost.

4/ Vận tốc truyền sóng P trung bình của phần dưới manti trên ở độ sâu 300 km biến động trong giới hạn 8,40-8,70 km/s<sup>2</sup>. Giá trị vận tốc thấp ( $P = 8,40-8,60$  km/s<sup>2</sup>) trùng với cấu trúc có vỏ đại dương như Biển Đông Việt Nam, biển Philippines và Ấn Độ Dương. Các cấu trúc có vỏ lục địa như: Trường Sơn, Khorat, Kon Tum, Đà Lạt cũng có giá trị mật độ thấp, nhỏ hơn 8,60 km/s<sup>2</sup>.

5/ Vận tốc truyền sóng P trung bình của lớp chuyển tiếp ở độ sâu 500 km biến động trong giới hạn 9,40-9,70 km/s<sup>2</sup>. Giá trị vận tốc thấp ( $P = 9,40-9,60$  km/s<sup>2</sup>) trùng với các cấu trúc thuộc Biển Đông Việt Nam, cấu trúc Tây Bắc Bộ, Trường Sơn, Đà Lạt, Banda, đảo Mentavay và đảo Christmas.

6/ Vận tốc truyền sóng P trung bình của phần trên cùng của manti dưới ở độ sâu 700 km biến động trong giới hạn 10,60-10,90 km/s<sup>2</sup>. Vận tốc sóng P của lớp này có cấu trúc phức tạp, hình dạng chủ yếu là cân xứng và có sự đan xen giữa các cấu trúc âm và cấu trúc dương.

7/ Giá trị vận tốc sóng P biến đổi rất phức tạp trong phạm vi độ sâu từ 50 đến 650 km (quyển kiến tạo). Từ độ sâu 650 km đến độ sâu 1700-1800 km (phần trên của manti dưới) có giá trị vận tốc tăng dần đều theo chiều sâu và ít biến động theo chiều nằm ngang. Từ độ sâu trên 1800 đến trên 2500 km, vận tốc sóng P biến đổi khá phức tạp cả theo phương thẳng đứng lẫn phương nằm ngang.

## **II. ĐẶC ĐIỂM CẤU TRÚC MANTI ĐÔNG NAM Á**

### **1. Các cấu trúc có biểu hiện nhiệt độ cao trong manti**

Việc phát hiện được các cấu trúc nóng chảy trong toàn bộ manti Trái đất, hoặc trong quyển kiến tạo, chủ yếu dựa trên kết quả phân tích vận tốc học sóng dọc địa chấn P. Sự khác biệt giữa trồi manti và điểm nóng nằm ở phạm vi hoạt động: Trồi manti có phạm vi hoạt động trong toàn bộ manti, trong khi đó điểm nóng chỉ hoạt động trong quyển kiến tạo trên (450-50 km). Các trồi manti nhiệt di chuyển từ dưới lên, còn các trồi manti nguội lạnh di chuyển ngược lại - từ trên xuống và tạo ra dòng xoáy trong manti.

Để khẳng định một cấu trúc trồi manti hoặc một điểm nóng cần phân tích cẩn thận trên cơ sở tổng hợp nhiều dấu hiệu biểu hiện hoạt động khác nhau, mà trong khuôn khổ bài báo này chúng tôi chưa thể đề cập tới. Tuy vậy, trên cơ sở các kết quả nghiên cứu mô hình vận tốc sóng dọc địa chấn P, theo mặt cắt và theo diện ở các độ sâu khác nhau, như đã mô tả trong [5, 8-11] chúng ta có thể xác định được các cấu trúc có biểu hiện nóng chảy do nhiệt độ cao. Nguyên lý nhận dạng các cấu trúc này cũng rất đơn giản, chủ yếu dựa vào sự suy giảm vận tốc sóng P tại vùng có độ lưu biến lớn hơn và nhiệt độ tăng lên.

Xem xét đặc điểm phân bố vận tốc sóng dọc địa chấn (sóng P) khu vực Đông Nam Á có thể nhận thấy (Hình 1):

a/ Các cấu trúc lớn có biểu hiện nhiệt độ cao (dị thường nhiệt độ cao) tồn tại trong phần dưới của quyển kiến tạo trên (ở độ sâu 250-450 km) bao phủ toàn bộ vùng rìa phía ngoài và đới ranh giới mảng thạch quyển Đông Nam Á. Trong phạm vi nội mảng Đông Nam Á cũng có biểu hiện của sự tồn tại một số cấu trúc như vậy ở phần dưới quyển kiến tạo, trong đó, biểu hiện rõ nét nhất là cấu trúc Đông Dương, bao phủ toàn bộ phần phía tây Biển Đông và một phần đất liền lãnh thổ Việt Nam.

b/ Trong quyển dẻo (asthenosphere, ở độ sâu 100-250 km) xuất hiện rất nhiều cấu trúc có biểu hiện trạng thái nhiệt độ cao, song có kích thước nhỏ hơn. Rõ nét nhất, phát hiện được theo tài liệu vận tốc sóng P là:

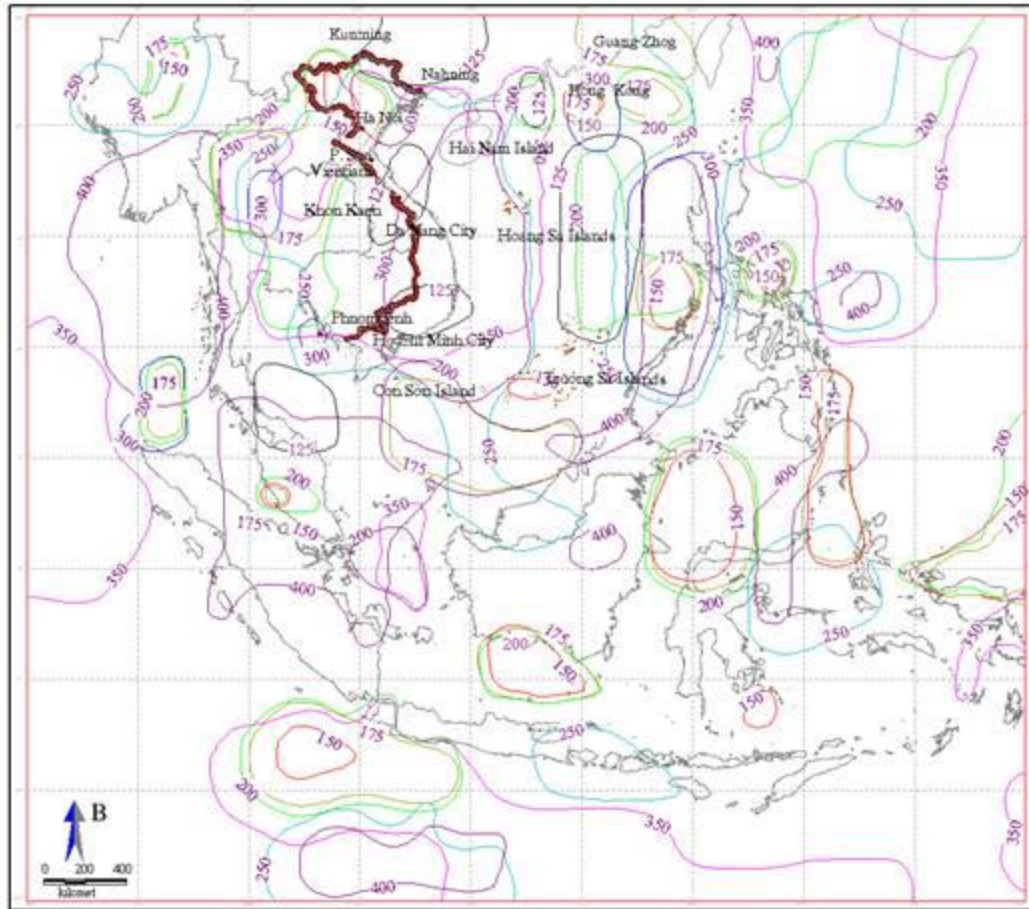
- Đối với đới ranh giới mảng là các cấu trúc: Indo-Burma, Andaman, Java, Banda, Helmaheira, Sarong, Sulawesi, Manila và Trung Philippines.

- Trong phần nội mảng Đông Nam Á là các cấu trúc: Thái Lan, Malaysia, Natuna, Trung tâm Biển Đông, Đà Lạt, Bình Trị Thiên, Tây Bắc Bộ, Quảng Tây, Hồng Kông, Đông Sa và Tứ Xuyên.

c/ Nếu xét theo mặt cắt thẳng đứng, ta thấy có biểu hiện rõ nét:

- Sự xuất hiện các cấu trúc có dị thường nhiệt độ cao kích thước lớn tại ranh giới phía dưới quyển kiến tạo trên.

- Khi xâm nhập lên phần trên quyển kiến tạo trên thì các cấu trúc này bị phân tán dạng tỏa tia và tạo thành các cấu trúc có kích thước nhỏ hơn, phân bố rải rác dọc đới ranh giới mảng và trong phần nội mảng thạch quyển Đông Nam Á.



Hình 1. Biểu hiện các dị thường nhiệt độ cao trong manti Đông Nam Á theo tài liệu cắt lớp sóng P địa chấn  
(chỉ số ghi trên đường đồng mức là giá trị độ sâu - km của dị thường nhiệt độ cao).

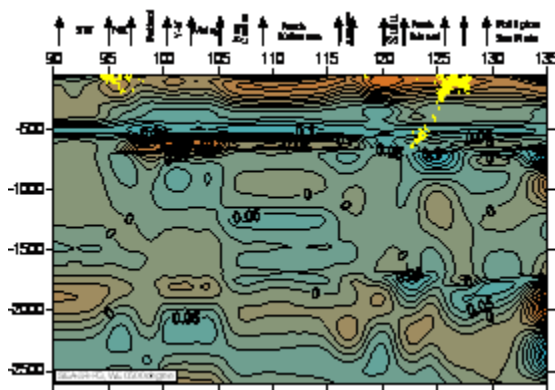
## 2. Luận giải về mô hình cấu trúc manti Đông Nam Á

Hình 2 đến Hình 5 biểu diễn một số ví dụ về bất đồng nhất vận tốc sóng dọc P dọc theo một số tuyến cắt qua khu vực Đông Nam Á. Trên cơ sở kết quả tính toán mô hình vận tốc sóng P khu vực nghiên cứu và kề cận có thể lý giải về đặc trưng cấu trúc manti Đông Nam Á như sau:

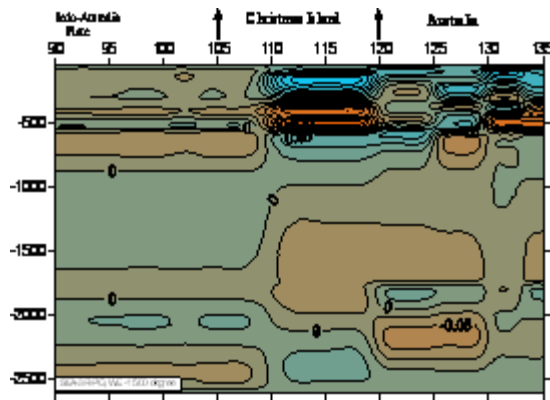
- Có biểu hiện phân lớp rõ nét theo chiều thẳng đứng của manti thuộc các mảng bao quanh Đông Nam Á (mảng biển Ấn Độ - Australia và Thái Bình Dương), vận tốc trung bình sóng P tăng theo chiều sâu song phản ánh rõ các ranh giới: thạch quyển, quyển dẻo, phần dưới của manti trên, đới chuyển tiếp, phần trên cùng của manti dưới và phần dưới của manti dưới.

- Cấu trúc của manti khu vực Đông Nam Á khá phức tạp, ngoài biểu hiện phân lớp theo chiều thẳng đứng còn tồn tại các cấu trúc dị thường vận tốc theo chiều ngang mà có lẽ nguyên nhân là do nóng chảy vật liệu manti tạo thành. Điều này có thể lý giải bằng hiện tượng xáo trộn mạnh mẽ của dòng manti khi di chuyển từ ngoài vào Đông Nam Á.

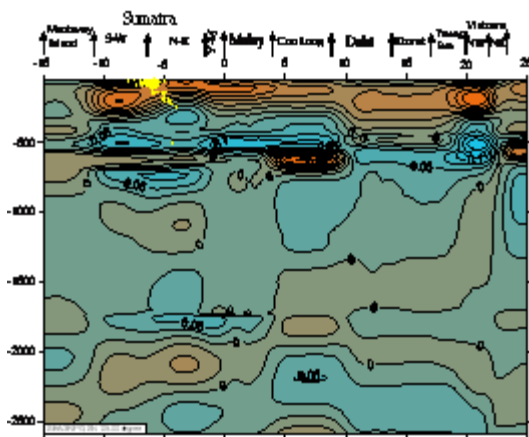




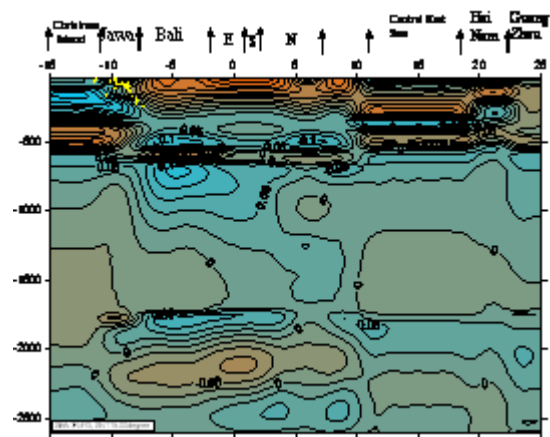
Hình 2. Bất đồng nhất vận tốc truyền sóng dọc P dọc theo vĩ tuyến  $05^{\circ}$  vĩ Bắc (điểm dấu chấm là chấn tâm động đất).



Hình 3. Bất đồng nhất vận tốc truyền sóng dọc P dọc theo vĩ tuyến  $15^{\circ}$  vĩ Bắc (điểm dấu chấm là chấn tâm động đất).



Hình 4. Bất đồng nhất vận tốc truyền sóng dọc P dọc theo kinh tuyến  $105^{\circ}$  kinh Đông (điểm dấu chấm là chấn tâm động đất).



Hình 5. Bất đồng nhất vận tốc truyền sóng dọc P dọc theo kinh tuyến  $115^{\circ}$  kinh Đông (điểm dấu chấm là chấn tâm động đất).

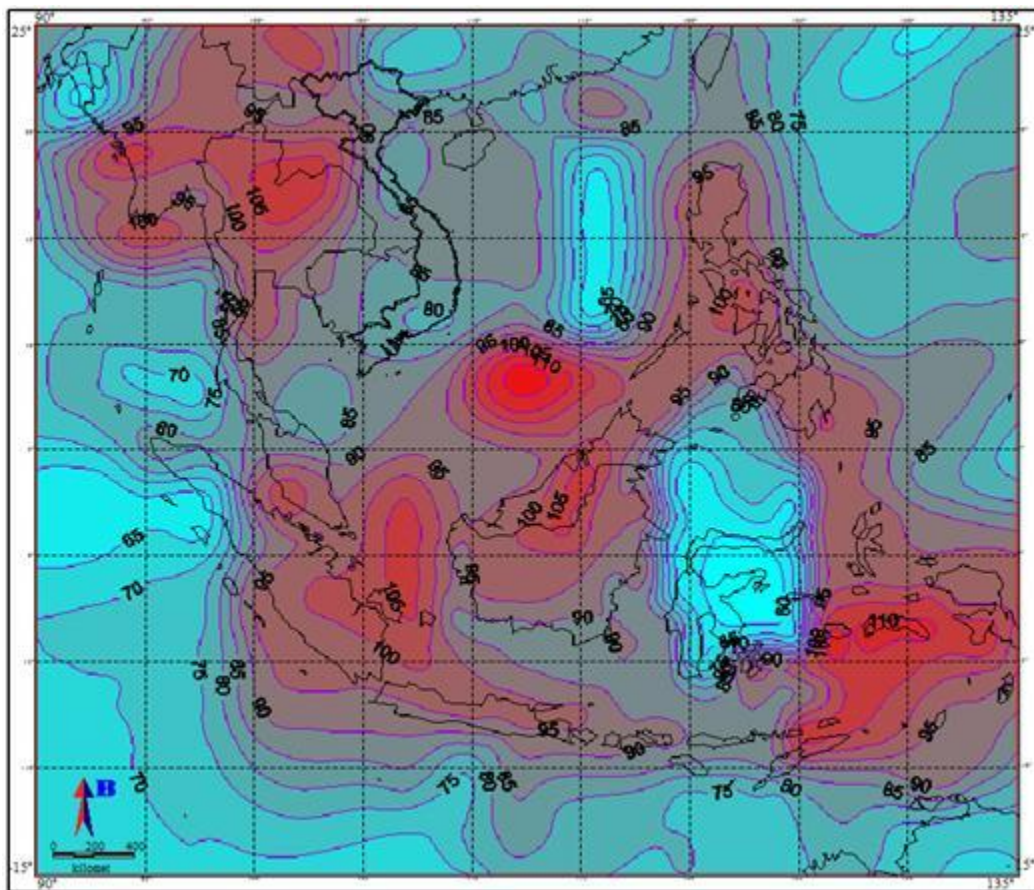
### III. ĐẶC ĐIỂM CẤU TRÚC THẠCH QUYỀN ĐÔNG NAM Á

Mô hình cấu trúc thạch quyển Đông Nam Á được thiết lập trên cơ sở tài liệu cắt lớp sóng địa chấn P và trường trọng lực Bouguer vệ tinh. Ranh giới phía dưới của thạch quyển được thiết lập trên cơ sở:

- Mặt cắt dị thường vận tốc sóng P. Đây là ranh giới phản ánh sự thay đổi vận tốc truyền sóng của phần phía dưới thạch quyển (lớp đỉnh của manti) có vận tốc lớn hơn phần phía trên của quyển dẻo có vận tốc truyền sóng nhỏ hơn. Lớp này trùng với đường đẳng  $-0,05$  km/s của dị thường sóng P [1-4, 6-8].

- Giải bài toán mô hình trọng lực 3D với giá trị mật độ trung bình lớp đỉnh Manti bằng  $3,40$  g/cm<sup>3</sup>, mật độ lớp quyển dẻo bằng  $3,20$  g/cm<sup>3</sup> và mật độ trung bình vỏ Trái đất là  $2,90$  g/cm<sup>3</sup> [1, 2].

Tỷ lệ nghiên cứu tương ứng cỡ 1/5.000.000. Kết quả phân tích theo hai loại tài liệu này cho phép thiết lập bức tranh toàn cảnh về độ sâu tới đáy của thạch quyển Đông Nam Á (Hình 6).

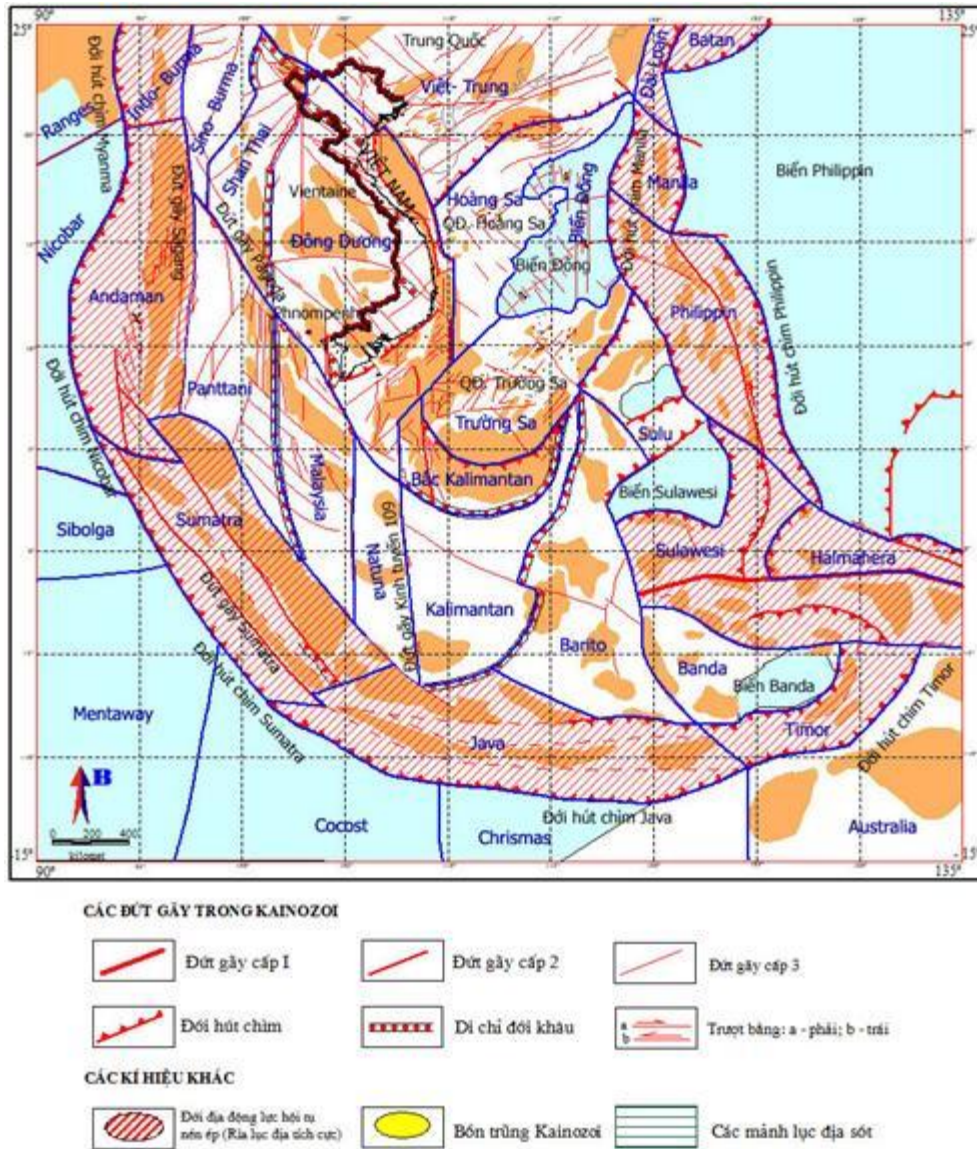


Hình 6. Độ sâu tới đáy của thạch quyển Đông Nam Á theo tài liệu cắt lớp sóng địa chấn và trọng lực vệ tinh.

Nét nổi bật của thạch quyển Đông Nam Á là có độ sâu tới đáy thạch quyển không lớn, nhỏ hơn 115 km và tính phân dị cấu trúc phức tạp và có biểu hiện phân khối cấu trúc như sau:

1/ Bao quanh Đông Nam Á là: mảng biển Ấn Độ, mảng Australia, mảng biển Philippines và một phần mảng Thái Bình Dương có biểu hiện thạch quyển bị vát mỏng (độ sâu tới đáy thạch quyển chỉ ở mức 65-95 km đối với mảng biển Ấn Độ và Philippines, 80-100 km đối với mảng Australia, 60-80 km đối với mảng Thái Bình Dương).

2/ Đới ranh giới mảng thạch quyển Đông Nam Á có biểu hiện vát mỏng tương đối của thạch quyển (độ sâu tới đáy thạch quyển biến đổi trong phạm vi từ 70 đến 110 km). Đới ranh giới này biểu hiện rõ nét trên tài liệu trọng lực vệ tinh, từ vệ tinh, đặc trưng hoạt động động đất và hoạt động núi lửa. Biểu hiện rõ nét phân định đới này là các khối cấu trúc thuộc ranh giới mảng gồm (các giá trị trong dấu ngoặc là độ sâu tới đáy của thạch quyển): 1/ Myanmar (Indo-Burma - 80-100 km); 2/ Nicobar (biển Andaman - 70-75 km); 3/ Sumatra (75-95 km); 4/ Java (80-95 km); 5/ Timor (95-110 km); 6/ Halmahera (95-105 km); 7/ Sula (90-110 km); 8/ Sulawesi (70-90 km); 9/ Philippines (85-110 km); 10/ Manila (95-105 km); 11/ Đài Loan (80-90 km); 12/ Batan (80-90 km).



Hình 7. Biểu hiện phân chia khối cấu trúc thạch quyển Đông Nam Á [4].

3/ Trong phạm vi nội mảng Đông Nam Á, ngoài trung tâm Biển Đông có giá trị độ sâu tới đáy thạch quyển không lớn (65-80 km), ở các khu vực còn lại giá trị độ sâu này biến đổi trong giới hạn 85-110 km. Các khối cấu trúc nội mảng gồm (giá trị trong dấu ngoặc đơn là độ sâu tương ứng tới đáy của thạch quyển): 1/ Sino-Burma (90-100 km); 2/ Shan Thái (95-105 km); 3/ Pattani (85-95 km); 4/ Đông Dương (Indochina, 80-105 km); 5/ Malaysia (85-95 km); 6/ Natuna (100-105 km); 7/ Việt-Trung (85-100 km); 8/ Hoàng Sa (75-85 km); 9/ Trung tâm Biển Đông (65-80 km); 10/ Trường Sa (90-110 km); 11/ Bắc Kalimantan (95-100 km); 12/ Kalimantan (90-95 km); 13/ Barito (85-90 km); 14/ Banda (65-90 km); 15/ Sulu (biển Sulu và biển Sulawesi, 60-90 km).

### KẾT LUẬN

1/ Luận giải về mối liên quan chặt chẽ giữa suy giảm vận tốc truyền sóng P với tính lưu biến của Manti dựa trên mô hình vận tốc sóng P cho thấy sự tồn tại của một số cấu trúc có nhiệt độ cao (dị thường nhiệt) kích thước lớn tại ranh giới phía dưới quyển kiến tạo trên ở Đông Nam Á. Khi



xâm nhập lên phần trên của quyển kiến tạo trên thì các cấu trúc nhiệt này phân tán dạng tỏa tia và tạo nên các cấu trúc có kích thước nhỏ hơn, phân bố rải rác dọc đới ranh giới mảng và trong phần nội mảng thạch quyển Đông Nam Á.

2/ Đặc điểm cấu trúc của manti khu vực Đông Nam Á biểu hiện khá phức tạp, ngoài biểu hiện phân lớp theo chiều thẳng đứng còn tồn tại các cấu trúc dị thường vận tốc theo chiều ngang mà có lẽ nguyên nhân là do nóng chảy vật liệu manti tạo nên. Điều này có thể lý giải bằng hiện tượng xáo trộn mạnh mẽ của dòng manti khi di chuyển từ ngoài vào Đông Nam Á.

3/ Đới ranh giới mảng Đông Nam Á có biểu hiện vát mỏng tương đối của thạch quyển, biến đổi trong phạm vi từ 70 đến 110 km và có biểu hiện phân chia thành các khối cấu trúc: 1/ Myanmar (Indo-Burma - 80-100 km); 2/ Nicobar (biển Andaman - 70-75 km); 3/ Sumatra (75-95 km); 4/ Java (80-95 km); 5/ Timor (95-110 km); 6/ Halmahera (95-105 km); 7/ Sula (90-110 km); 8/ Sulawesi (70-90 km); 9/ Philippines (85-110 km); 10/ Manila (95-105 km); 11/ Đài Loan (80-90 km); 12/ Batan (80-90 km).

4/ Trong phạm vi nội mảng Đông Nam Á có biểu hiện biến đổi giá trị độ sâu tới đáy thạch quyển khá phức tạp và bao gồm các khối cấu trúc: 1/ Sino-Burma (90-100 km); 2/ Shan Thái (95-105 km); 3/ Pattani (85-95 km); 4/ Đông Dương (Indochina, 80-105 km); 5/ Malaysia (85-95 km); 6/ Natuna (100-105 km); 7/ Việt-Trung (85-100 km); 8/ Hoàng Sa (75-85 km); 9/ Trung tâm Biển Đông (65-80 km); 10/ Trường Sa (90-110 km); 11/ Bắc Kalimantan (95-100 km); 12/ Kalimantan (90-95 km); 13/ Barito (85-90 km); 14/ Banda (65-90 km); 15/ Sulu (biển Sulu và biển Sulawesi, 60-90 km).

## VĂN LIỆU

1. **Cao Đình Triều, 2002.** Về mô hình mật độ thạch quyển lãnh thổ Việt Nam và kế cận dọc một số tuyến đặc trưng. *TC Địa chất*, A/270 : 23-31. Hà Nội.

2. **Cao Đình Triều, 2005.** Một số nét đặc trưng về hoạt tính địa động lực của thạch quyển và Manti Việt Nam theo tài liệu địa vật lý. *Báo cáo tại HNKH kỷ niệm 30 năm Viện KH&CN VN (1975-2005)*, III : 273-290, Hà Nội.

3. **Cao Đình Triều, Phạm Huy Long, 2002.** Về kiến tạo đứt gãy Biển Đông và kế cận trong Kainozoi. *TC Khoa học và Công nghệ Biển*, 3/3 : 17-31. Hà Nội.

4. **Cao Đình Triều, Phạm Huy Long, 2002.** Kiến tạo đứt gãy lãnh thổ Việt Nam. *Nxb KH&KT, Hà Nội*, 208 tr.

5. **Cao Đình Triều, Mai Xuân Bách, V.S. Geyko, 2004.** Đặc trưng phân đới cấu trúc thạch quyển Việt Nam theo tài liệu địa vật lý. *TC Địa chất*, A/285 : 177-187. Hà Nội.

6. **Cao Đình Triều, Nguyễn Hữu Tuyền, Lê Văn Dung, Phạm Nam Hưng, Mai Xuân Bách and Thái Anh Tuấn, 2005.** Evolution of faulting tectonic in Southeast Asia. *J. of Geodesy and Geodynamics*, 25/1 : 51-59, Beijing, China.

7. **Cao Đình Triều, Thái Anh Tuấn, Cao Đình Trọng, 2008.** Một số nét đặc trưng về kiến tạo địa chấn khu vực Đông Nam Á. *TC Địa chất*, A/306 : 3-13. Hà Nội.

8. **Cao Đình Triều, Stvetkova T., Bùi Anh Nam, Nguyễn Đức Vinh, Thái Anh Tuấn, 2009.** Mô hình vận tốc sóng dọc thạch quyển và Manti Đông Nam Á. *TC Địa chất*, A/314 : 1-8. Hà Nội.



**9. Geiko V.S., 1998.** Taylor's approximation of wave and Eikonal equation in inverse seismic problems. *Geophys. J.*, 17 : 465-493.

**10. Geiko V.S., 2004.** A general theory of seismic travel time tomography. *Geophys. J.*, 26/2 : 3-33.

**11. <http://topex.ucsd.edu>.**

**12. Starostenko V., Cao Đình Triều, Phạm Nam Hưng, Lê Văn Dũng, Nguyễn Xuân Bình, 2009.** Một số nét đặc trưng cấu trúc thạch quyển lãnh thổ Việt Nam và các khu vực kề cận trên cơ sở phân tích cắt lớp sóng dọc địa chấn P và trọng lực vệ tinh. *TC Địa chất*, A/314 : 9-17. Hà Nội.