

ĐẶC ĐIỂM ĐỊA ĐỘNG LỰC HIỆN ĐẠI VÙNG VEN BIỂN VIỆT NAM

CAO ĐÌNH TRIỀU¹, LÊ DUY BÁCH¹, NGÔ GIA THẮNG¹, BÙI ANH NAM¹,
TRẦN NGHI², CHU VĂN NGỢI², NGUYỄN VĂN VƯỢNG²,
PHẠM HUY LONG³, ĐỖ VĂN LĨNH³, NGUYỄN TÀI THINH³

¹Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam;

²Đại học Khoa học Tự nhiên Hà Nội;

³Tổng hội Địa chất

Tóm tắt: Trong khuôn khổ bài báo này, các tác giả bàn luận về nội dung thành lập bản đồ địa động lực hiện đại và ví dụ thành lập sơ đồ địa động lực ven biển Việt Nam. Kết quả nghiên cứu cho thấy:

1/ Khu vực ven biển Việt Nam có vỏ Trái đất nằm trong trạng thái cân bằng và trạng thái nén ép: B-ĐB (5-10⁰), chuyển dần sang phương kinh tuyến từ Móng Cái đến Nghệ-Tĩnh; B-TB chuyển dần sang á vĩ tuyến từ Quảng Bình tới Đà Nẵng; á vĩ tuyến (T-TB) chuyển sang vĩ tuyến từ Quảng Ngãi đến Phú Yên; B-TB (20-30⁰) xuống N-ĐN tại vùng ven biển Nam Trung Bộ, Nam Bộ và Kiên Giang - Cà Mau.

2/ Động đất mạnh nhất có thể xảy ra dọc dài ven biển Việt Nam có chấn cấp tối đa nằm trong giới hạn 6,5 đến 7,5 độ Richter, trong đó: M_{max} = 7,0-7,5 độ Richter tại hầu hết các vùng nguồn trong vùng nghiên cứu. Các vùng nguồn Ba Tư - Củng Sơn, Biên Hòa - Tuy Hòa, Đông Côn Sơn, Phú Quý - Cảnh Dương, Hòn Chuối và Cà Mau có khả năng xảy ra động đất với giá trị M cực đại nằm trong giới hạn tối đa 6,5-7,0 độ Richter; vùng nguồn Nha Trang có nguy cơ động đất mạnh nhất không vượt quá 6,5 độ Richter.

3/ Vào thời kỳ hiện đại, các hoạt động nội động lực vẫn còn tiếp tục diễn ra với quy mô khác nhau như biểu hiện của dòng nhiệt, của hoạt động núi lửa, hoạt động động đất và những chuyển động kiến tạo. Chúng có xu hướng tập trung vào các đới ranh giới kiến tạo - địa động lực cơ bản của khu vực.

MỞ ĐẦU

Hướng nghiên cứu địa động lực lãnh thổ Việt Nam bắt đầu được triển khai từ những năm 1970, chủ yếu trên cơ sở thuyết địa mảng, đã không còn phát huy hiệu quả. Việc áp dụng lý thuyết kiến tạo mảng trong nghiên cứu cấu trúc, sinh khoáng và tai biến tự nhiên lãnh thổ Việt Nam đã được tiến hành trong những năm gần đây, song còn chưa có hiệu quả cao, chưa mang đến những hiểu biết chuẩn xác hơn về cấu trúc và các điều kiện địa chất - địa động lực trong phân tích tai biến tự nhiên của đất nước. Một số nghiên cứu có tính chuyên sâu hơn về địa động lực (cổ và hiện đại) còn đang tản mạn, mới tập trung vào một vài khu vực nhất định mà thế giới quan tâm (ví dụ các đới đứt gãy Sông Hồng, Lai Châu - Điện Biên) [1, 3, 5, 6, 14-18]. Thạch quyển Việt Nam và các quá trình địa động lực, đặc biệt địa động lực hiện đại, còn là một mảng trống và là dấu hỏi lớn. Các bản đồ, sơ đồ địa động lực hiện có chưa đáp ứng được những đòi hỏi chuyên sâu trong nghiên cứu động đất và các tai biến tự nhiên phục vụ cho phát triển kinh tế - xã hội của đất nước.

Địa động lực hiện đại là động lực của vận động kiến tạo xảy ra trong thời kỳ hiện đại. Xét về thời gian thì có hai quan điểm: một số người cho rằng các biểu hiện hoạt động chỉ tính từ Holocen trở lại đây (khoảng 11.500 năm); nhóm thứ hai lại cho rằng có biểu hiện hoạt động từ cuối Đệ tứ (từ 100.000 đến 130.000 năm). Theo chúng tôi thì khi nói đến địa động lực hiện đại, đồng thời

phải xét đến hai yếu tố sau: 1/ Động lực của vận động kiến tạo hiện đại, tính từ Holocen trở lại đây (khoảng 11.500 năm); 2/ Tính kế thừa và phát triển của quá trình phát triển địa động lực trong Kainozoi.

Trên cơ sở quan điểm đó, trong khuôn khổ bài báo này chúng tôi luận bàn về nguyên tắc thành lập bản đồ địa động lực hiện đại và ví dụ cụ thể kết quả thành lập sơ đồ địa động lực ven biển Việt Nam (thu nhỏ từ tỷ lệ 1/500.000).

I. KHÁI NIỆM VÀ NỘI DUNG THÀNH LẬP BẢN ĐỒ ĐỊA ĐỘNG LỰC HIỆN ĐẠI

1. Khái niệm

Nghiên cứu địa động lực hiện đại là nghiên cứu các quá trình vật lý cơ bản bên trong Trái đất (thạch quyển, manti, nhân) đóng vai trò là động lực của hoạt động kiến tạo hiện đại (từ Holocen trở lại đây – 11.500 năm, có tính đến tính kế thừa của sự phát triển địa động lực trong Kainozoi) bao gồm: trường ứng suất và biến dạng; tính đàn hồi và độ dẻo; cơ chế lưu biến; truyền nhiệt; trường trọng lực; lưu biến học của đất đá; dòng đối lưu; kiến tạo đứt gãy; và các đặc trưng biểu hiện của chúng như: kiến tạo, đặc trưng phân khối cấu trúc, đứt gãy, trạng thái cân bằng, trường địa nhiệt, động đất, hoạt động núi lửa và các tai biến địa chất đặc thù khác liên quan.

2. Nội dung của bản đồ địa động lực hiện đại

Về nội dung, bản đồ địa động lực hiện đại phải thể hiện được: đặc trưng phân khối cấu trúc và các ranh giới khối; tính phân dị của các khối về mặt cấu trúc vỏ Trái đất (cấu trúc các mặt ranh giới cơ bản vỏ Trái đất, trầm tích, trầm tích Đệ tứ và hiện đại nếu có); đặc trưng vận động của các khối (trong Kainozoi và trong Hiện đại, trạng thái cân bằng đẳng tĩnh...); biểu hiện hoạt động của các ranh giới khối (các đứt gãy hoạt động là ranh giới khối), thể hiện được các đặc trưng nén, giãn, các đứt gãy kiến tạo (được phân loại theo quy mô, thời gian thành tạo, thời gian hoạt động tích cực, theo hình động học và mức độ tin cậy); các hoạt động xâm nhập và phun trào, hoạt động động đất, động đất gây sóng thần và các tai biến địa chất.

2.1. Các phân vị cấu trúc - địa động lực:

2.1.1. Các hệ địa động lực: 1) Mảng thạch quyển: các cấu trúc - địa động lực bậc 1 – ranh giới cấp 1; 2) Miền địa động lực: các cấu trúc - địa động lực bậc 2 – ranh giới cấp 2; 3) Khối địa động lực: các cấu trúc - địa động lực bậc 3 – ranh giới cấp 3; 4) Phụ khối địa động lực: các cấu trúc địa động lực cấp 4 – ranh giới cấp 4.

Việc phân chia phân vị cấu trúc - địa động lực tuân thủ theo nguyên lý phân chia thứ cấp (từ quy mô lớn đến quy mô nhỏ). Trên cơ sở luận thuyết kiến tạo mảng, khái niệm phân chia này được hiểu là: khối và ranh giới khối (ranh giới khối được hiểu là đứt gãy và nút giao đứt gãy), ranh giới giữa các mảng thạch quyển là đới hút chìm, đới va chạm, đới chuyển dạng và đới tách giãn đáy đại dương. Đây là các ranh giới cấp 1 của thạch quyển. Trong phạm vi lãnh thổ Việt Nam hiện tại không có loại ranh giới cấp 1 này, vì vậy chỉ có khái niệm miền địa động lực, khối địa động lực và phụ khối, Ranh giới giữa chúng lần lượt là các đứt gãy cấp 2, 3 và 4 (cấp 1, 2 và 3 của Việt Nam).

2.1.2. Các cấu trúc Tân kiến tạo, Pliocen - Đệ tứ: 1) Các cấu trúc nâng (các loại); 2) Các cấu trúc sụt (các loại); 3) Các cấu trúc phân dị; 4) Các cấu trúc dịch trượt ngang; 5) Đường đẳng dày thành tạo Pliocen - Đệ tứ hoặc đường đẳng sâu đáy Đệ tứ; 6) Nơi lộ các đá phun trào basalt và xâm nhập; 7) Nơi lộ các đá trước Kainozoi.

2.2. Các kiểu chuyển động và biến dạng:

2.2.1. *Các biến dạng Tân kiến tạo, Pliocen - Đệ tứ:* 1) Biến dạng của chuyển động thẳng đứng; 2) Biến dạng của chuyển động ngang; 3) Biến dạng do tổ hợp tác động của cả chuyển động đứng và ngang (cách thể hiện bằng các đường đồng mức biên độ, các ký hiệu chỉ dẫn có kèm theo biên độ dịch chuyển).

2.2.2. *Các đứt gãy kiến tạo:* 1) Phân loại đứt gãy: a- Theo quy mô: sâu, khu vực, địa phương - cấp 1, 2, 3...; b- Theo thời gian thành tạo: Đệ tứ, Pliocen - Đệ tứ, trước Pliocen; c- Theo thời gian hoạt động tích cực: Holocen, Pliocen - Đệ tứ, trước Đệ tứ; d- Theo hình động học: thuận, nghịch, trượt bằng và các tổ hợp của chúng. 2) Phân đoạn các đứt gãy hoạt động: a- Các đứt gãy có biểu hiện hoạt động mạnh: gây ra các dạng tai biến địa động lực mạnh như động đất mạnh, sạt lở - nứt sụt đất, núi lửa, nước nóng, biến dạng đường bờ và sụt lở ngầm mạnh mẽ; b- Các đứt gãy có biểu hiện hoạt động yếu: gây ra các dạng tai biến địa động lực không mạnh như động đất yếu, sạt lở - nứt sụt đất, hoạt động núi lửa, nước nóng, biến dạng đường bờ và sụt lở ngầm yếu; c- Các đứt gãy không có biểu hiện hoạt động trong hiện tại: không gây ra các dạng tai biến địa động lực như động đất, sạt lở - nứt sụt đất, hoạt động núi lửa, nước nóng, biến dạng đường bờ và sụt lở ngầm.

2.2.3. *Các ký hiệu khác:* 1) Trường ứng suất kiến tạo hiện đại; 2) Trạng thái cân bằng đẳng tĩnh; 3) Trường địa nhiệt và biểu hiện của nước nóng và nước khoáng.

2.3. Các biểu hiện của biến dạng địa hình

2.3.1. Biến dạng: 1) Xói lở yếu; 2) Xói lở trung bình; 3) Xói lở mạnh; 4) Tích tụ.

2.3.2. Diapir bùn sét

2.3.3. Biểu hiện sụt lở ngầm

2.4. Hoạt động núi lửa

2.4.1. Hoạt động núi lửa trong Holocen

2.4.2. Hoạt động núi lửa trong Pliocen - Đệ tứ

2.5. Động đất

2.5.1. *Các cấu trúc tiềm năng sinh chấn (tiềm ẩn nguy cơ sinh chấn):* 1) Các đứt gãy sinh chấn (theo quy mô, theo động hình học); 2) Các đới khớp nối tương phản (các nếp oằn quy mô khác nhau, các đới tăng cao tốc độ biến dạng Tân kiến tạo); 3) Các miền cải biến hiện đại của bình đồ cấu trúc tân kiến tạo (các cấu trúc âm kiến tạo, các miền phân dị chuyển động trong Pliocen - Đệ tứ).

2.5.2. *Đặc điểm của môi trường sinh chấn:* 1) Đặc trưng cơ bản của động đất (độ sâu, chấn cấp, cơ cấu chấn tiêu); 2) Đặc điểm môi trường sinh chấn (đới xiết ép, tách giãn, ..., ...).

2.5.3. *Phân vùng dự báo tiềm năng (tiềm ẩn) kiến tạo địa chấn:* 1) Tiềm năng (tiềm ẩn) lớn; 2) Tiềm năng (tiềm ẩn) trung bình; 3) Tiềm năng (tiềm ẩn) nhỏ.

2.5.4. *Phân vùng dự báo các vùng có nguy cơ phát sinh động đất mạnh:* 1) Vùng phát sinh động đất mạnh; 2) Vùng phát sinh động đất trung bình; 3) Vùng phát sinh động đất yếu.

2.6. Sóng thần (chỉ áp dụng cho vùng bờ biển và các đảo)

2.6.1. *Vết tích sóng thần trong quá khứ:* 1) Dấu vết sóng thần cổ (tọa độ, độ cao, tuổi); 2) Các điểm có biểu hiện sóng thần trong lịch sử.

2.6.2. *Phân vùng đới có nguy cơ phát sinh động đất gây sóng thần:* 1) Vùng xa; 2) Vùng gần.

2.6.3. *Phân vùng nguy cơ chịu ảnh hưởng của sóng thần*: 1) Theo độ cao sóng đến (vùng xa, vùng gần); 2) Theo thời gian sóng đến (vùng xa, vùng gần).

II. ĐẶC ĐIỂM ĐỊA ĐỘNG LỰC HIỆN ĐẠI VÙNG VEN BIỂN VIỆT NAM

1. Đặc điểm hoạt động kiến tạo trong Kainozoi

Bình đồ cấu trúc Kainozoi muộn của vùng thềm lục địa Việt Nam có xu hướng phát triển kế thừa các cấu trúc Kainozoi sớm. Đặc trưng cơ bản của hoạt tính kiến tạo Kainozoi muộn gồm [9, 13]:

1/ Quá trình sụt lún phân dị chiếm ưu thế, tất cả các cấu trúc Kainozoi sớm đều bị lôi kéo vào quá trình này với mức độ khác nhau tùy thuộc sự chuyển động phân dị của các khối và đứt gãy. Xác định được xu thế dịch chuyển sụt lún mạnh từ tây sang đông. Bình đồ sụt hạ có thay đổi theo thời gian, tạo nên các mặt bất chỉnh hợp cấu trúc ở đáy Pliocen và đáy Đệ tứ.

2/ Các bể trầm tích: Sông Hồng, Bắc Hoàng Sa, Phú Khánh, Cửu Long, Nam Côn Sơn, Tư Chính - Vũng Mây, Malay - Thổ Chu vẫn giữ bản sắc phát triển riêng của mình, thể hiện ở tốc độ sụt hạ, môi trường trầm đọng, tính kế thừa chọn lọc bình đồ cấu trúc cổ hơn và tổ hợp các thành tạo trầm tích tương khác nhau, đặc biệt là sự xuất hiện tương trầm tích dòng vắn đục biển sâu (turbidit) đồng thời với sự hình thành các cấu trúc nôm lẩn từ đầu Pliocen và ngày càng mạnh thêm trong suốt Pliocen - Đệ tứ ở phần phía đông của bể Nam Côn Sơn.

3/ Hệ thống đứt gãy kiến tạo tiếp tục hoạt động và đóng vai trò quan trọng trong việc tạo dựng bình đồ cấu trúc khu vực. Trong các diện phân bố trầm tích Pliocen - Đệ tứ xuất hiện các đứt gãy hoạt động vào Pliocen và Pliocen - Đệ tứ. Chúng có phương chủ yếu là á kinh tuyến, ngoài ra còn có phương ĐB-TN và á vĩ tuyến. Các đới đứt gãy có quy mô lớn là: Sông Hồng, Kinh tuyến 109, Ba Tháp, Sông Hậu, Thuận Hải - Minh Hải, Phú Quý - Cảnh Dương, ...

2. Trạng thái cân bằng vỏ Trái đất

Kết quả nghiên cứu về trạng thái cân bằng vỏ Trái đất dải ven biển Việt Nam cho thấy: 1) Vỏ Trái đất nằm trong trạng thái cân bằng, với giá trị dị thường đẳng tĩnh nằm trong giới hạn -10 mGal đến +10 mGal; 2) Xu thế vận động của dải ven biển Việt Nam là hậu quả của quá trình nén ép ngang là chủ yếu (vận động cân bằng theo chiều thẳng đứng không tồn tại).

3. Đặc điểm trường ứng suất kiến tạo hiện đại

3.1. Phương pháp luận: Nhằm mục đích tìm hiểu đặc trưng địa động lực khu vực ven biển Việt Nam và các vùng kế cận, trong công trình này chúng tôi đã tiến hành thiết lập một tổ hợp các phương pháp nghiên cứu [4, 5, 7] bao gồm:

- 1/ Phương pháp đánh giá trạng thái ứng suất trên cơ sở phân tích bề dày vỏ Trái đất;
- 2/ Đánh giá trạng thái ứng suất trên cơ sở kết quả phân tích cắt lớp địa chấn (seismic tomography);
- 3/ Trường ứng suất kiến tạo hiện đại theo tài liệu cấu trúc thạch quyển;
4. Xác định hướng chuyển dịch vỏ Trái đất trên cơ sở tài liệu quan trắc định vị vệ tinh GPS.

3.2. Trường ứng suất kiến tạo hiện đại: Hình 1 biểu hiện một cách tổng hợp kết quả nghiên cứu trường ứng suất và trạng thái ứng suất vỏ Trái đất lãnh thổ Việt Nam và các khu vực kế cận trên cơ sở phương pháp nghiên cứu đã trình bày. Mũi tên đậm là trường ứng suất xác định theo bề dày thạch quyển, mũi tên vừa là theo bề dày vỏ Trái đất và mũi tên dài là kết quả quan trắc của các

nhà địa chất Việt Nam [16]. Kết quả phân tích của chúng tôi cũng có phương chuyển dịch vỏ Trái đất khá phù hợp với tài liệu định vị vệ tinh GPS.

Kết quả nghiên cứu trường ứng suất khu vực trên lãnh thổ Việt Nam cho thấy (đối với vùng nghiên cứu từ độ sâu 30 đến 100 m nước):

- Vỏ Trái đất dải ven biển từ Móng Cái đến Nghệ-Tĩnh nằm trong trạng thái nén ép là chính và chịu tác động của lực nén ép B-ĐB ($5-10^0$), chuyển dần sang phương kinh tuyến. Với cơ chế nén ép như vậy sẽ có biểu hiện dịch trượt ngang dọc theo đới đứt gãy như sau: bằng trái đối với các đứt gãy phương kinh tuyến, vĩ tuyến và ĐB-TN; bằng phải đối với các đứt gãy phương TB-ĐN.

- Đối với dải ven biển từ Quảng Bình tới Đà Nẵng vỏ Trái đất nằm trong trạng thái nén ép và chịu tác động của lực nén ép phương B-TB chuyển dần sang á vĩ tuyến. Trong điều kiện trường ứng suất như vậy, các đới đứt gãy phương kinh tuyến có biểu hiện tách, trượt bằng trái; các đới đứt gãy phương vĩ tuyến, TB-ĐN và ĐB-TN có biểu hiện trượt bằng phải. Tuy nhiên, phụ thuộc vào đường phương của đứt gãy trong quan hệ với hướng lực mà chúng có thể có phương dịch trượt thay đổi.

- Dọc dải ven biển từ Quảng Ngãi đến Phú Yên vỏ Trái đất nằm trong trạng thái nén ép và với phương lực nén ép thay đổi từ á vĩ tuyến (T-TB) chuyển sang vĩ tuyến. Với cơ chế trường ứng suất như vậy, các đới đứt gãy có biểu hiện như sau: nén ép mạnh đối với các đứt gãy phương kinh tuyến; tách, trượt bằng trái đối với các đứt gãy phương á vĩ tuyến; trượt bằng phải đối với các đứt gãy phương ĐB-TN.

- Vùng ven biển Nam Trung Bộ, Nam Bộ và Kiên Giang - Cà Mau có vỏ Trái đất nằm trong trạng thái nén ép và với phương lực ép nén từ B-TB ($20-30^0$) xuống N-ĐN. Trong điều kiện trường ứng suất như vậy các đứt gãy có biểu hiện trượt bằng như sau: trượt bằng trái đối với các đứt gãy phương kinh tuyến, á kinh tuyến; các đứt gãy phương ĐB-TN, TB-ĐN và vĩ tuyến có biểu hiện trượt bằng phải.

3.3. Dự báo xu thế biến đổi ứng suất Coulomb và dịch chuyển ngang: Chương trình Coulomb 3.1 được sử dụng trong mô phỏng ứng suất và dịch chuyển vỏ Trái đất khu vực nghiên cứu. Kết quả tính toán thể hiện trên Hình 3 cho thấy:

1/ Xu thế dịch chuyển nâng (chuyển động thẳng đứng) biểu hiện rõ nét tại: dải ven biển Việt Nam từ Móng Cái đến Cà Mau - Kiên Giang, khối nâng Tri Tôn và Côn Sơn và rìa của các khối là bề trầm tích.

2/ Sụt lún mạnh xảy ra tại trung tâm của các khối là các bể: Sông Hồng, Bạch Long Vĩ, Lô Châu, Bắc Hoàng sa, Nam Hoàng Sa, Phú Khánh, Trường Sa, Cửu Long và Nam Côn Sơn.

3/ Miền tập trung ứng suất nén mạnh nhất (ứng suất xiết ép và ứng suất Coulomb) trùng với các dải cấu trúc: phương ĐB-TN, kéo dài từ Móng Cái đến Thanh Hóa; phương TB-ĐN kéo dài từ dải ven biển Nghệ-Tĩnh đến Đà Nẵng; phương kinh tuyến dọc ven biển từ Quảng Ngãi đến Phú Yên; phương ĐB-TN dọc dải ven biển từ Ninh Thuận đến Cà Mau; phương kinh tuyến từ Kiên Giang đến Cà Mau; cánh nâng của đới đứt gãy Sông Hồng, Kinh tuyến 110, 109, Cảnh Dương, Phú Quý - Cảnh Dương, Hòn Chuối và Ba Chùa (Three Pagodas).

4. Hoạt động núi lửa

Các kết quả nghiên cứu của [1, 13] cho thấy basalt Kainozoi muộn Việt Nam mang nhiều đặc điểm của basalt trap. Các nguồn basalt Việt Nam là nguồn “ướt” (có sự tham gia tích cực của nước

và các thành phần chất lỏng khác) mang tính dị nguồn và phản ánh sự tiến hóa (từ pha sớm đến pha muộn) từ nhiều đến ít các thành phần thạch quyển tái nóng chảy (refractoring).

Các vụ phun nổ của núi lửa đã gây ra những trận động đất núi lửa. Chuỗi động đất xảy ra năm 1923 ở dải ven biển tỉnh Bình Thuận đều có liên quan với những phun trào basalt theo các khe nứt hoặc các hẻm núi lửa mới. Hai trận động đất xảy ra trong các năm 1960 và 1963 ở vùng đảo Hòn Nước cũng liên quan với hoạt động của núi lửa ngầm ở vùng này. Theo các ghi chép cũ cũng như các điều tra động đất của Viện Vật lý Địa cầu thì các trận động đất kèm theo núi lửa phun nói trên đều có cường độ chấn động trên bề mặt không mạnh hơn cấp 7 và có phạm vi ảnh hưởng nhỏ hẹp.

5. Đặc điểm trường dòng nhiệt

Các kết quả nghiên cứu về dòng nhiệt khu vực Biển Đông và các vùng kế cận cho phép hình dung một cách tổng thể về trường nhiệt như sau [1, 13, 16, 17]:

1/ Vùng thềm lục địa Việt Nam có đặc trưng trường nhiệt dạng khối với ranh giới cao rõ rệt giá trị dòng nhiệt trùng với đới động lực của hệ đứt gãy kinh tuyến Hải Nam - Natuna và tuyến TB-ĐN trùng với đới trục của bể Malay-Thổ Chu.

2/ Có biểu hiện nhảy bậc giá trị dòng nhiệt trong phạm vi Biển Đông từ tây sang đông tại khu vực có độ sâu đáy biển 1000-1300 m. Như vậy, rõ ràng là có sự khác biệt giữa trường nhiệt miền có vỏ chuyển tiếp và miền có vỏ đại dương.

6. Hoạt động động đất

6.1. Danh mục động đất: Theo số liệu của Viện Vật lý Địa cầu thì từ năm 1900 đến hết năm 2010, trong phạm vi vùng nghiên cứu đã xảy ra 241 trận động đất có chấn cấp từ $M < 3,0$ đến 5,0 độ Richter. Tuy vậy, lịch sử cũng đã ghi nhận các trận động đất lớn nhất, bằng 7,5 độ Richter tại đảo Hải Nam và 7,0 tại vùng ven biển Bình Thuận [2, 11, 12].

6.2. Nguồn phát sinh động đất chủ yếu: Khả năng phát sinh động đất cực đại ở vùng nghiên cứu đã được nhiều công trình đề cập. Bằng nhiều cách tiếp cận khác nhau, các tác giả đã đưa ra những kết quả khác nhau [1, 2, 8, 10-12, 17].

Vấn đề đánh giá cực đại động đất dọc theo các vùng nguồn trong phạm vi nghiên cứu gặp nhiều khó khăn bởi vì số liệu động đất quan sát được rất ít (vì thiếu hệ thống đài trạm), vì vậy việc áp dụng bài toán thống kê không thể thực hiện được. Biện pháp tối ưu ở đây là đánh giá động đất cực đại theo:

1/ Kết quả nghiên cứu động đất cực đại được xác lập theo bài toán tất định và dựa trên kết quả đánh giá tổng thể cho các đới đã được công bố [11].

2/ Trên cơ sở chiều dài đứt đoạn và bề rộng của đới đứt gãy, là nguồn phát sinh động đất (công thức Coppersmith-1994 và Cao Đình Triều-2002).

Dựa trên cơ sở hai công thức thực nghiệm trên, chúng tôi đã tiến hành xác định giá trị cực đại động đất lớn nhất có thể xảy ra tại các nguồn như trình bày ở Hình 2. Theo đánh giá này thì động đất mạnh nhất có thể xảy ra dọc dải ven biển Việt Nam với chấn cấp tối đa nằm trong giới hạn 6,5 đến 7,5 độ Richter. Trong số đó:

1/ Động đất lớn nhất, có thể đạt chấn cấp cực đại $M_{max} = 7,0-7,5$ độ Richter tại các vùng nguồn: Cao Bằng - Tiên Yên, Cát Bà, Bạch Long Vĩ, Nam Bạch Long Vĩ, Sông Lô, Sông Chày,

Sông Hồng, Lào Cai - Ninh Bình, Gia Lâm - Hà Tĩnh, Sông Mã, Sông Cả, Anh Sơn - Kỳ Anh, Bắc Hoàng Sa, Ba Tư - Gia Vực, Phú Khánh, Thuận Hải - Minh Hải, và Thổ Chu - Natuna (Ba Chà).

2/ Các vùng nguồn: Ba Tư - Củng Sơn, Biên Hòa - Tuy Hòa, Đông Côn Sơn, Phú Quý - Cảnh Dương, Hòn Chuối và Cà Mau có khả năng xảy ra động đất với chấn cấp M cực đại nằm trong giới hạn tối đa 6,5-7,0 độ Richter.

3/ Vùng nguồn Nha Trang có nguy cơ động đất mạnh nhất không vượt quá 6,5 độ Richter.

7. Đặc điểm phát triển địa động lực Kainozoi muộn và hiện đại

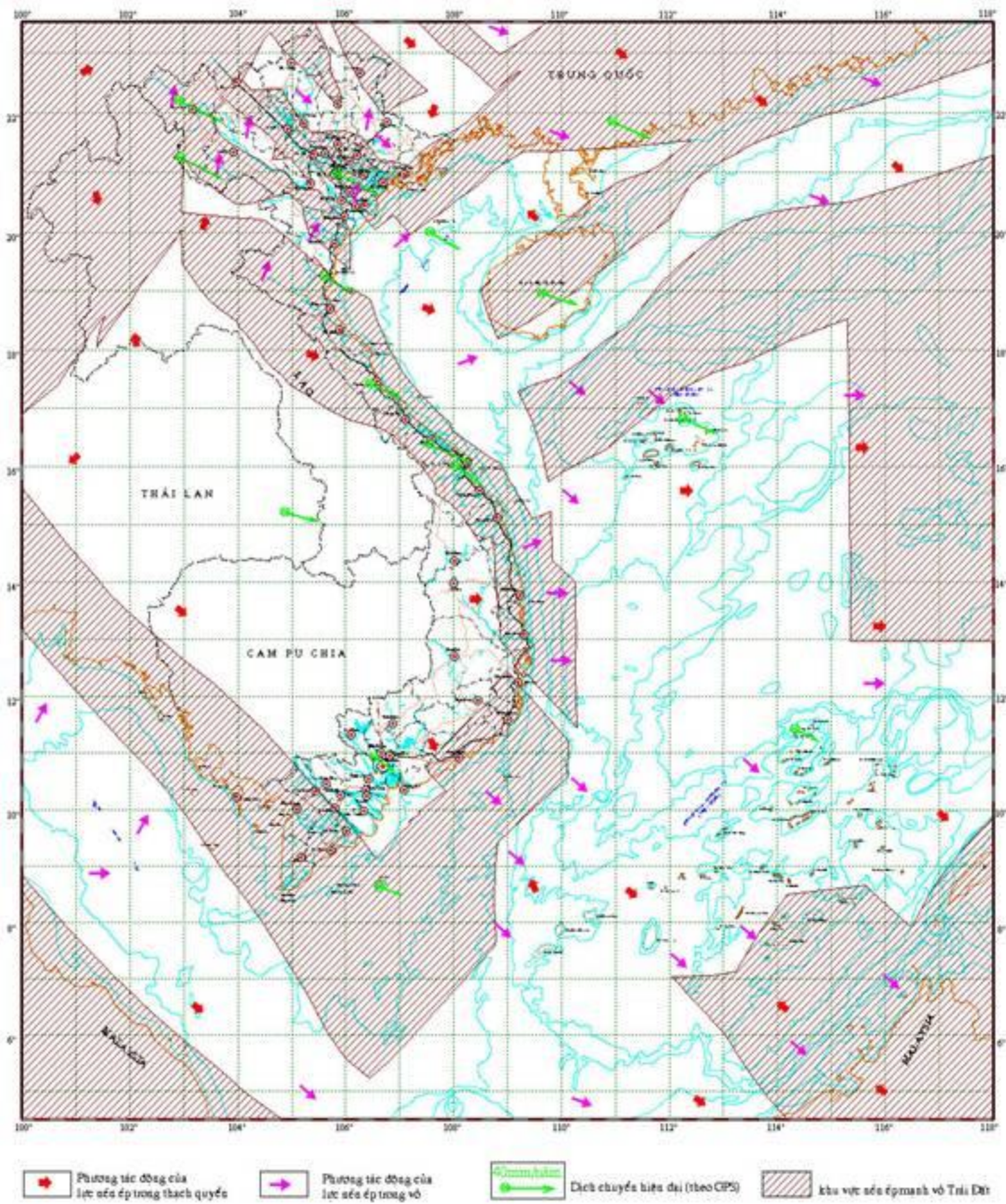
Phân tích cấu trúc và lịch sử hình thành và phát triển Biển Đông cùng các bể trầm tích trên thềm lục địa Việt Nam cho thấy chúng có bản chất kiểu rift phát triển theo nhịp. Chế độ căng giãn không đồng đều của thạch quyển khởi nguồn cho sự sinh rift kiểu phân tán đã xảy ra trên toàn khu vực, đã làm nảy sinh một hệ thống các địa hào có quy mô và định hướng khác nhau vào đầu Kainozoi (Paleocen hoặc Eocen). Chúng bị kiểm soát bởi các hệ thống đứt gãy kiểu tách giãn - trượt bằng sâu. Quá trình này tiến triển dẫn đến sự hủy hoại và thoái hóa vỏ lục địa. Đặc biệt ở Trung tâm Biển Đông vỏ lục địa bị cắt rời hoàn toàn để hình thành vỏ kiểu đại dương vào ngưỡng 32 Tr.n. Lúc này, nó trở thành trung tâm tách giãn có ảnh hưởng rộng lớn đến toàn bộ các vùng biển là thềm lục địa lân cận. Hệ thống các đảo phía nam (vùng quần đảo Trường Sa - Reed Bank) bị tách khỏi phần phía bắc (vùng quần đảo Hoàng Sa - Macclesfield) và dịch chuyển về phía nam, thoát đầu ở phần ĐB Biển Đông do giãn dãn BN và sau đó (Miocen hạ-trung) do giãn dãn TB-ĐN ở phần TN Biển Đông. Phân tách giãn thời kỳ sau có dạng nêm cắm vào vùng ĐN thềm lục địa Việt Nam mà đối diện với nó là bể Nam Côn Sơn. Đới đứt gãy kinh tuyến Hải Nam - Natuna đóng vai trò bản lề phân chia phần lục địa bị kéo giãn hủy hoại, thoái hóa và giãn dãn với phần vỏ lục địa bị căng giãn, làm mỏng nhưng ít nhiều còn được bảo tồn tương đối liên tục trở thành thềm lục địa bao quanh Biển Đông (ngoại trừ khu vực phía đông).

Giãn dãn trung tâm Biển Đông kết thúc (khoảng 14 Tr.n) cũng là thời kỳ giảm thoái tương đối các hoạt động kiến tạo khu vực kèm theo đó là sự nguội đi của thạch quyển và sụt lún quy mô lớn trên toàn vùng lục địa lân cận, trong đó có thềm lục địa Việt Nam. Tuy nhiên, những biểu hiện hoạt động nói trên còn cần được đặt trong bối cảnh địa động lực quy mô lớn hơn: các đới hội tụ mảng rìa tây Thái Bình Dương và đông bắc Ấn Độ Dương, va chạm Ấn Độ - Âu Á đều đang hoạt động tích cực và có tác động tương hỗ đến khu vực Biển Đông. Các trường lực do các hoạt động đó tạo nên trước hết làm gia tăng các hoạt động dọc theo các đới đứt gãy sâu lớn trong khu vực như đới đứt gãy Sông Hồng, đới đứt gãy Ba Chà hay còn gọi là đứt gãy Thổ Chu - Natuna, Kinh tuyến Hải Nam - Natuna, cũng như các đới đứt gãy ở Trung tâm Biển Đông và rìa của nó. Với cách nhìn như vậy thì sụt lún do nguội đi trên thềm lục địa Việt Nam có lẽ không xảy ra lâu dài hoặc chỉ mang tính tạm thời. Những gì hiện thấy đã nêu trên về chế độ dòng nhiệt, hoạt động đứt gãy (đặc biệt quan sát được trên đất liền) và động đất kèm theo, hoạt động núi lửa và các biến động của môi trường địa chất cho thấy hoạt tính địa động lực của khu vực Biển Đông trong Pliocen - Đệ tứ cho đến nay đang còn ở mức khá cao. Vào thời kỳ hiện đại các hoạt động nội động lực vẫn còn tiếp tục diễn ra với quy mô khác nhau như biểu hiện của dòng nhiệt, của hoạt động núi lửa, hoạt động động đất và những chuyển động kiến tạo. Chúng có xu hướng tập trung vào các đới ranh giới kiến tạo - địa động lực cơ bản của khu vực. Các đới này chủ yếu khởi sinh và phát triển trong lịch sử tiến hóa Kainozoi và hiện nay (Hình 3).

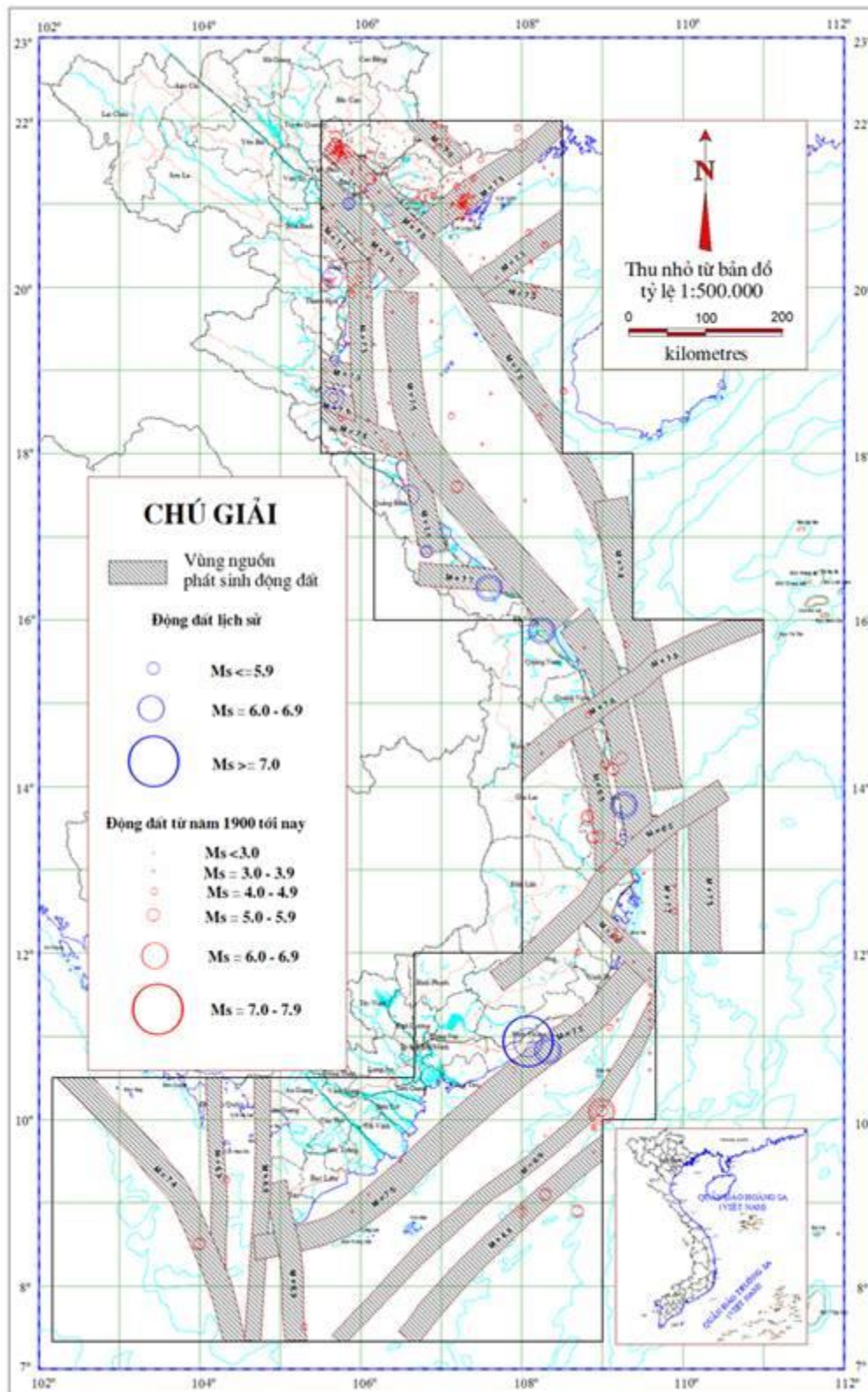
KẾT LUẬN

1/ Bình đồ cấu trúc hiện đại lãnh thổ Việt Nam mang tính khối tảng-phôi khảm rất rõ rệt. Đặc tính này phản ánh sự phụ thuộc vào móng (kiểu vỏ lục địa được hình thành trong các giai đoạn

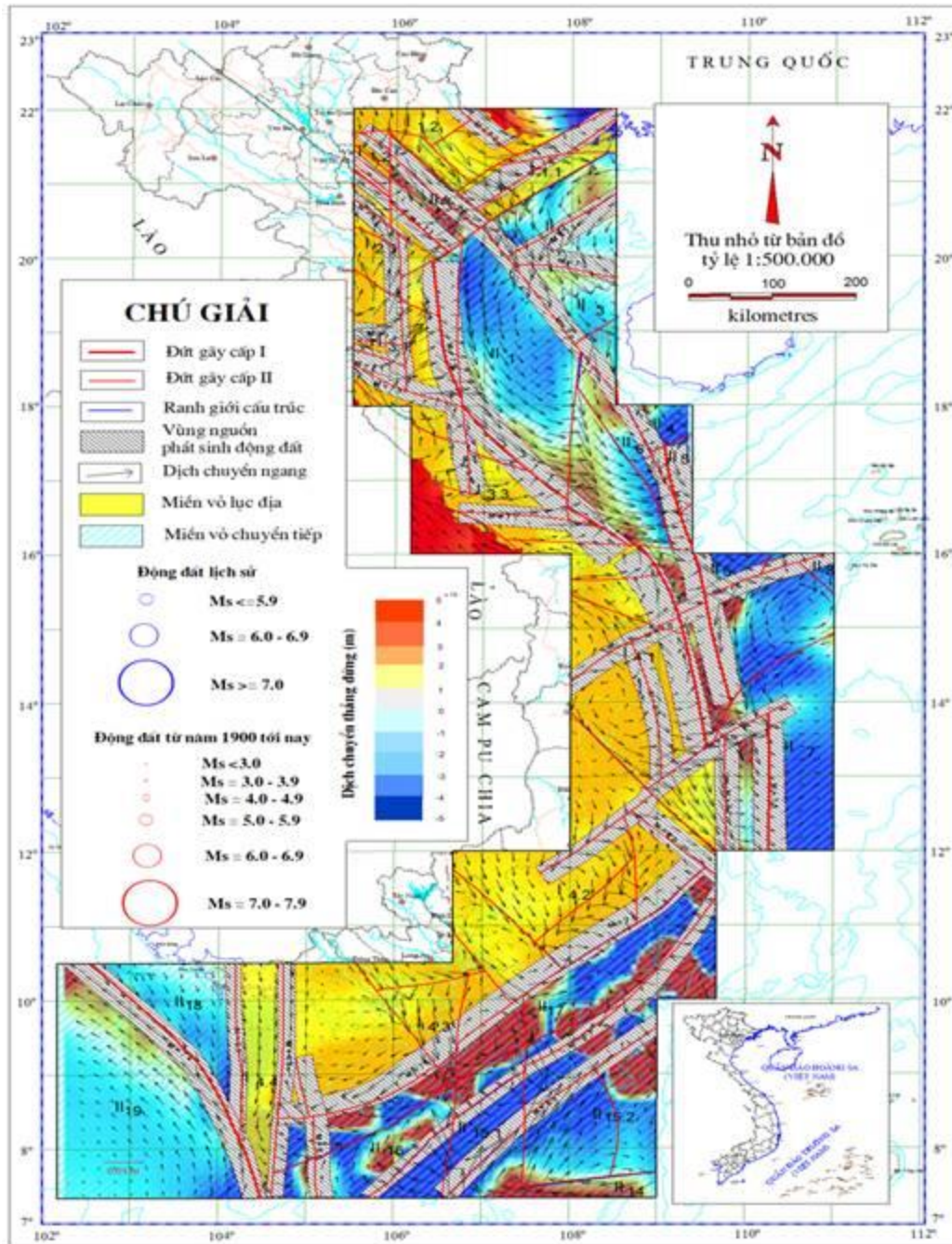
phát triển kiến tạo khác nhau) và tính kế thừa bình đồ cấu trúc trước Kainozoi của các hoạt động kiến tạo trẻ, đặc biệt là các cấu trúc vỏ lục địa. Các cấu trúc trên vùng thềm lục địa và vùng biển nước ta nói chung, và vùng ven biển nói riêng, được hình thành và phát triển do quá trình hủy hoại - thoái hóa vỏ lục địa. Hoạt động kiến tạo trong Kainozoi của thạch quyển Việt Nam đồng thời chịu các tác động trực tiếp và gián tiếp từ các đới động lân cận: đai cung đảo - núi lửa rìa Tây Thái Bình Dương ở phía đông và cung đảo - núi lửa Indonesia ở phía N-TN; va chạm mảng Ấn Độ - Âu Á ở vùng Himalaya ở phía tây bắc. Những hoạt động kiến tạo đó có một quá trình lâu dài từ đầu Paleozoi cho đến hiện tại.



Hình 1. Trạng thái ứng suất vỏ Trái đất lãnh thổ Việt Nam và các vùng kế cận [12].



Hình 2. Các vùng nguồn phát sinh động đất chủ yếu.



Hình 3. Đặc trưng địa động lực hiện đại vùng ven biển Việt Nam.

2/ Khu vực ven biển Việt Nam có vỏ Trái đất nằm trong trạng thái cân bằng, với giá trị dị thường đẳng tĩnh nằm trong giới hạn -10 mGal đến $+10$ mGal. Vỏ Trái đất dải ven biển nằm trong trạng thái nén ép là chính và chịu tác động của lực nén ép: B-ĐB ($5-10^0$), chuyển dần sang phương kinh tuyến từ Móng Cái đến Nghệ-Tĩnh; B-TB chuyển dần sang á vĩ tuyến từ Quảng Bình tới Đà Nẵng; á vĩ tuyến (T-TB) chuyển sang vĩ tuyến từ Quảng Ngãi đến Phú Yên; B-TB ($20-30^0$) xuống N-ĐN tại dải ven biển Nam Trung Bộ, Nam Bộ và Kiên Giang - Cà Mau.

3/ Đồng thời với các quá trình nâng-hạ phân dị của các cấu trúc Kainozoi ở vùng thềm lục địa Việt Nam, ghi nhận được sự tăng cường các hoạt động nội sinh sâu khá mạnh và thành tạo các tập hợp đá núi lửa basalt kiềm khá liên tục trong suốt Pliocen và Đệ tứ. Các nguồn basalt Việt Nam là nguồn “ướt” mang tính dị nguồn và phản ánh sự tiến hóa từ nhiều đến ít các thành phần thạch quyển tái nóng chảy (refractoring).

4/ Động đất mạnh nhất có thể xảy ra dọc ven biển Việt Nam có chấn cấp tối đa nằm trong khoảng 6,5 đến 7,5 độ Richter. Trong số đó, $M_{max} = 7,0-7,5$ độ Richter có thể xảy ra tại hầu hết các vùng nguồn trong vùng nghiên cứu; các vùng nguồn Ba Tư - Củng Sơn, Biên Hòa - Tuy Hòa, Đông Cồn Sơn, Phú Quý - Cảnh Dương, Hòn Chuối và Cà Mau có khả năng xảy ra động đất với chấn cấp M cực đại nằm trong giới hạn tối đa 6,5-7,0 độ Richter; Vùng nguồn Nha Trang có nguy cơ động đất mạnh nhất không vượt quá 6,5 độ Richter.

5/ Dựa trên cơ sở của chế độ dòng nhiệt, hoạt động đứt gãy và động đất kèm theo, hoạt động núi lửa và các biến động của môi trường địa chất cho thấy hoạt tính địa động lực của khu vực Biển Đông trong Pliocen - Đệ tứ cho đến nay đang còn ở mức khá cao. Vào thời kỳ hiện đại, các hoạt động nội động lực vẫn còn tiếp tục diễn ra với quy mô khác nhau, như biểu hiện của dòng nhiệt, của hoạt động núi lửa, hoạt động động đất và những chuyển động kiến tạo. Chúng có xu hướng tập trung vào các đới ranh giới kiến tạo - địa động lực cơ bản của khu vực. Các đới này chủ yếu khởi sinh và phát triển trong lịch sử tiến hóa Kainozoi.

VĂN LIỆU

1. **Bùi Công Quế (Chủ biên), 2010.** Nguy hiểm động đất và sóng thần vùng ven biển Việt Nam. *Nxb Khoa học tự nhiên và Công nghệ, Hà Nội, 314 tr.*
2. **Cao Đình Triều, 1995.** New results about structure of the Earth's crust in Vietnam. *Proc. of IGCP Symp. on Geology of SE Asia, pp. 331-340. Hà Nội.*
3. **Cao Đình Triều và Phạm Huy Long, 2002.** Kiến tạo đứt gãy lãnh thổ Việt Nam. *Nxb KH&KT. Hà Nội, 208 tr.*
4. **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.*
5. **Cao Đình Triều, 2005.** Trường địa vật lý và cấu trúc thạch quyển lãnh thổ Việt Nam. *Nxb KH&KT, Hà Nội, 330 tr.*
6. **Cao Đình Triều, Geiko V.S., Mai Xuân Bách, Thái Anh Tuấn, 2005.** Bước đầu thiết lập mô hình vận tốc truyền sóng dọc (P) và trạng thái ứng suất của thạch quyển và manti Việt Nam. *Tuyển tập Báo cáo HNKH-KT Địa vật lý Việt Nam lần thứ 4, tr. 267-279, Hà Nội.*
7. **Cao Đình Triều, S. Tatiana, 2008.** Mô hình cấu trúc vận tốc sóng dọc P của Manti khu vực Đông Nam Châu Á. *TC Các KH về TĐ, 30/2 : 176-184. Hà Nội.*
8. **Cao Đình Triều, Phạm Nam Hưng, 2008.** Đới đứt gãy sâu có nguy cơ phát sinh động đất mạnh trên phạm vi Biển Đông Việt Nam và kế cận. *Báo cáo khoa học HNKH Địa chất Biển toàn quốc lần thứ nhất, tr. 491-497. Tp. Hạ Long.*
9. **Cao Đình Triều and Phạm Nam Hưng, 2009.** On efficiency of gravity method in studying Pre-Cenozoic basement in Vietnam. *J. of Geodesy and Geodynamics, 29/5 : 11-17. Beijing.*
10. **Cao Đình Triều, Franko V., Nguyễn Hữu Tuyên, Nguyễn Thế Hùng, 2009.** Nghiên cứu tai biến động đất ở Việt Nam trên cơ sở phương pháp tất định mới. *TC Địa chất, A/314: 56-62. Hà Nội.*
11. **Cao Đình Triều, 2010.** Tai biến động đất ở Việt Nam. *Nxb KH&KT, Hà Nội, 304 tr.*

- 12. Cao Dinh Trieu, 2010.** Seismic hazards in Vietnam, *Sci. and Techn. Publ. House, Hà Nội*. 182 pgs.
- 13. Lê Duy Bách, Ngô Gia Thắng, Cao Đình Triều, 2007.** Đặc điểm kiến tạo Pliocen - Đệ tứ đông nam thêm lục địa Việt Nam. *TC Các KH về TĐ, 29/3* : 218-227. Hà Nội.
- 14. Nguyễn Trọng Yên, 1991.** Về hoàn cảnh địa động lực Tân kiến tạo miền Nam Trung Bộ. *TC Địa chất, 202-203* : 28-32, Hà Nội.
- 15. Nguyễn Trọng Yên, 1996.** Các chế độ trường ứng suất kiến tạo Kainozoi ở lãnh thổ Việt Nam. *TC Địa chất, 236* : 1-6, Hà Nội.
- 16. Phan Trọng Trịnh (Chủ biên), 2009.** Kết quả ban đầu về tốc độ chuyển dịch kiến tạo hiện đại trên biên Đông, *TC Địa chất, A/310* : 1-9. Hà Nội.
- 17. Phan Trọng Trịnh (Chủ biên), 2010.** Nghiên cứu hoạt động kiến tạo trẻ, kiến tạo hiện đại và địa động lực Biển Đông làm cơ sở khoa học cho việc dự báo và phòng tránh tai biến địa chất. *Báo cáo tổng kết Đề tài cấp nhà nước. Lưu Viện Địa chất, Hà Nội.*
- 18. Trần Đình Tô, Nguyễn Trọng Yên, 2004.** Chuyển động hiện đại vỏ Trái đất lãnh thổ Việt Nam theo số liệu đo GPS. *TC Các KH về TĐ, 26/4* : 579-586, Hà Nội.