

TAI BIẾN ĐỊA CHẤN LƯU VỰC SÔNG CẢ - RÀO NẬY

LÊ VĂN DŨNG, CAO ĐÌNH TRIỀU, BÙI ANH NAM, PHẠM NAM HÙNG,

MAI XUÂN BÁCH, THÁI ANH TUẤN, CAO ĐÌNH TRỌNG

Viện Vật lý Địa cầu, Viện Hàn lâm KH & CN Việt Nam, Hoàng Quốc Việt, Cầu Giấy, Hà Nội

Tóm tắt: Trong khuôn khổ báo cáo này các tác giả sử dụng tiếp cận tất định mới nghiên cứu tai biến địa chấn lưu vực Sông Cả - Rào Nậy. Kết quả nghiên cứu cho thấy:

1/ Động đất quan sát được trong phạm vi lưu vực Sông Cả - Rào Nậy đến hết năm 2012 có cấp độ mạnh, đạt 6,0. Tuy vậy, khu vực nghiên cứu được dự báo là có thể có nguy cơ phát sinh động đất có cấp độ mạnh 6,5-7,0 dọc theo các đới phát sinh: Điện Biên - Sầm Nưa - Thường Xuân, Sông Cả, Rào Nậy, Nậm Non, Nậm Chou, Quỳnh Hợp, Sầm Nưa - Thái Hòa, Nghi Sơn và Thanh Chương - Kỳ Anh.

2/ Với kết quả tính từ danh mục động đất: Giá trị dịch chuyển ngang (D_{max}) và gia tốc (A_{max}) ở khu vực Tương Dương tương ứng đạt $D_{max} = 0,18 \div 0,24$ cm, $A_{max} = 8 \div 10$ cm/s²; ở các vùng TP. Vinh, Diễn Châu, Yên Thành $D_{max} = 0,18 \div 0,27$ cm, $A_{max} = 10 \div 13$ cm/s².

3/ Với kết quả tính dự báo: giá trị dịch chuyển ngang đạt lớn nhất (D_{max}) nằm trong giới hạn 5÷12 cm, gia tốc cực đại (A_{max}) đạt 120÷280cm/s².

I. MỞ ĐẦU

Theo tài liệu quan trắc và điều tra trong nhân dân (tư liệu của Viện Vật lý Địa cầu) thì trong thế kỷ 20 và vào những năm đầu của thế kỷ 21, tại lưu vực Sông Cả - Rào Nậy không xảy ra động đất có cấp độ mạnh lớn hơn hoặc bằng 5,0. Tuy vậy, tư liệu lịch sử có ghi nhận 5 động đất với $M > 5,0$ vào các năm 1136 (1137?), 1767, 1777, 1777, và 1821. Đáng lưu ý nhất là động đất năm 1136 (1137?) làm cho nước sông đỏ như máu; năm 1767 làm cho núi lở; và năm 1821 làm cho nhà dân xiêu đi nhiều [5-7, 16]:

- Động đất năm 1136 (1137?) được ghi nhận là xảy ra tại khu vực Diễn Châu. Các nhà địa chấn Viện Vật lý Địa cầu cho rằng trận động đất này có cường độ phá hủy trên bề mặt là cấp VII, song để làm cho nước sông vẫn đỏ thì động đất phải rất mạnh. Có thể mạnh hơn động đất Tuần Giáo năm 1983, có nghĩa là có thể có cấp độ mạnh trên 6,7.

- Động đất năm 1767 được ghi nhận là tại khu vực Diễn Châu - Quỳnh Lưu với cấp chấn động trên bề mặt là cấp VII, song có ghi là làm cho núi ở Thanh Hóa bị lở cho nên có thể đây là một động đất mạnh.

- Theo Nguyễn Đình Xuyên [16] thì trận động đất năm 1821 có cường độ chấn động $I_0 = 8,0$ và với cấp độ mạnh $M = 6,0$.

Tuy các động đất nói trên chỉ nằm dọc ven biển song cũng chứng tỏ rằng nguy cơ xảy ra động đất tại lưu vực Sông Cả - Rào Nậy là hiện thực. Để có cơ sở chắc chắn hơn cho các nhận định trên cần được tiếp tục nghiên cứu thêm. Trong khuôn khổ công trình này chúng tôi tiến hành nghiên cứu đặc điểm tai biến địa chấn trên toàn khu vực Sông Cả - Rào Nậy. Đây là một trong những nhiệm vụ quan trọng của đề tài nghiên cứu cấp Nhà nước mã số KC.08.11/11-15.

II. ĐẶC ĐIỂM HOẠT ĐỘNG KIẾN TẠO ĐỊA ĐỘNG LỰC HIỆN ĐẠI LƯU VỰC SÔNG CẢ - RÀO NẬY

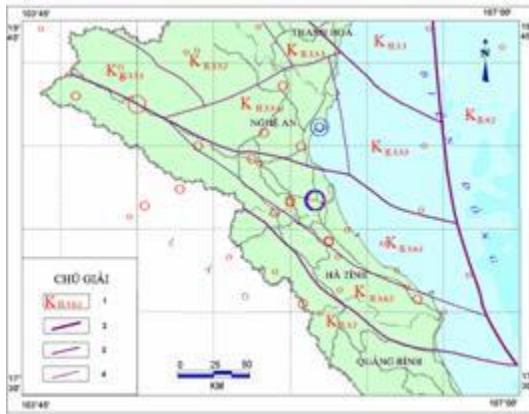
Dựa trên quan điểm phân chia [9, 10] và tham khảo các nghiên cứu mới đây [3, 17] chúng tôi tiến hành phân khối địa động lực hiện đại lưu vực Sông Cả - Rào Nậy trên cơ sở tổ hợp các dấu hiệu địa chất, địa vật lý và địa mạo - địa hình.

Lưu vực Sông Cả - Rào Nậy và kê cận ở tỷ lệ nghiên cứu 1/200.000 phát hiện được 4 khối địa động lực hiện đại vỏ Trái đất (khối cấp III thạch quyển) có biểu hiện hoạt động khá tích cực, bao gồm (Hình 1): Sông Mã ($K_{II.3.3}$), Sốp Cộp - Thái Hòa ($K_{II.3.5}$), Sông Cả ($K_{II.3.6}$) và Trường Sơn ($K_{II.3.7}$). Các khối này đều thuộc về khối thạch quyển cấp II, khối Đông Dương ($K_{II.3}$). Ranh giới giữa các khối này bị chặn bởi các đới đứt gãy hoạt động bị chặn bởi đứt gãy cấp II (cấp I Việt Nam) Sông Hồng về phía đông: Điện Biên - Sầm Nưa - Thường Xuân, Sông Cả và Rào Nậy (cấp III thạch quyển - cấp II Việt Nam) [11].

Việc xác định các dấu hiệu biểu hiện hoạt động và phân loại đứt gãy hoạt động chủ yếu dựa theo quan điểm của Cao Đình Triều [1, 4-6]. Đới đứt gãy hoạt động mạnh thường là ranh giới các khối địa động lực hiện đại có biểu hiện hoạt động khác biệt về đặc trưng địa động lực trong nội khối liền kề. Các đới này có biểu hiện rõ nét về: hoạt động động đất; xuất hiện các điểm nước khoáng, nước nóng; chi phối và cắt gọt rõ rệt phương chính địa hình hiện đại; biểu hiện rõ trên ảnh vệ tinh, máy bay với các dị thường photolineament kéo dài tuyến tính; biểu hiện thoát khí (Rn , Th) (hỗn hợp khí Radon và Thori) cao; có biểu hiện chuyển động thẳng đứng hoặc phương ngang khác nhau ở hai cánh lớn hơn hoặc bằng 1 mm/năm; biểu hiện rõ nứt đất, trượt - lở đất hoặc xói mòn do các nguyên nhân kiến tạo; có biểu hiện biến dạng trẻ như uốn nếp, oằn võng; tập trung dày đặc các khe nứt, vết xước mặt trượt trẻ; biến đổi các đơn vị địa hình địa mạo rõ rệt; có biểu hiện hoạt động núi lửa trẻ (phun trào bazan trong Pliocen - Đệ tứ hoặc thoát khí, phun tro, phun bùn v.v...). Các đứt gãy hoạt động trong khu vực nghiên cứu đã được mô tả chi tiết trong công trình của Cao Đình Triều và Phạm Huy Long, năm 2002 [11], gồm:

a/ Đứt gãy cấp III (cấp II Việt Nam):

1. Điện Biên - Sầm Nưa - Thường Xuân (F_{III.5}):



Hình 1. Đặc trưng phân khối địa động hiện đại lưu vực Sông Cả - Rào Nậy

Chú thích: 1- Khối địa động lực; 2- Ranh giới khối cấp II; 3- Ranh giới khối cấp III; 4- Ranh giới khối cấp IV.



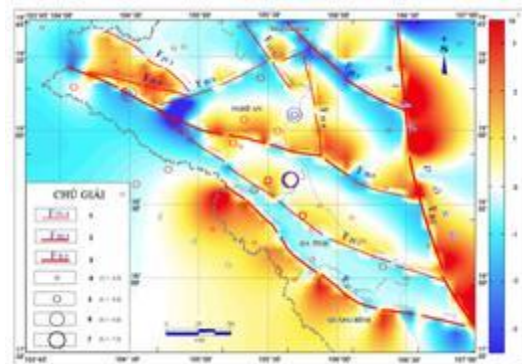
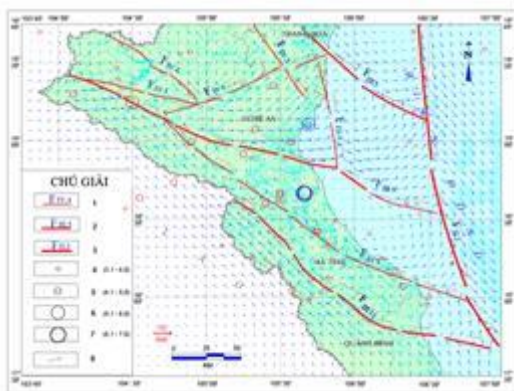
Hình 2. Đứt gãy hoạt động chính lưu vực Sông Cả - Rào Nậy

Chú thích: 1- Đứt gãy cấp II; 2- Đứt gãy cấp III; 3- Ranh giới khối cấp IV; 4, 5, 6, 7- Chấn tâm động đất được phân chia theo cấp độ mạnh khác nhau.

2. Đứt gãy Sông Cả (nhánh chính, chạy qua Đô Lương - Nghi Lộc, F_{III.9}):

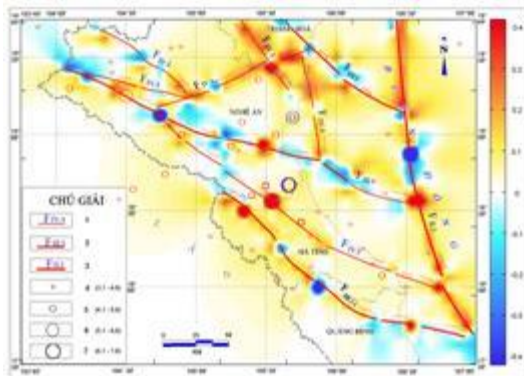
3. Đứt gãy Rào Nậy (F_{III.11}):

b/ Đứt gãy cấp IV (cấp III Việt Nam) gồm: 1. Đứt gãy Nậm Non (F_{IV.2}); 2. Đứt gãy Nậm Châu (F_{IV.1}); 3. Đứt gãy Quỳnh Hợp (F_{IV.6}); 4. Đứt gãy Sầm Nưa - Thái Hòa (F_{IV.3}); 5. Đứt gãy Nghi Sơn (F_{IV.4}) và 6. Đứt gãy Thanh Chương - Kỳ Anh (F_{IV.5}).



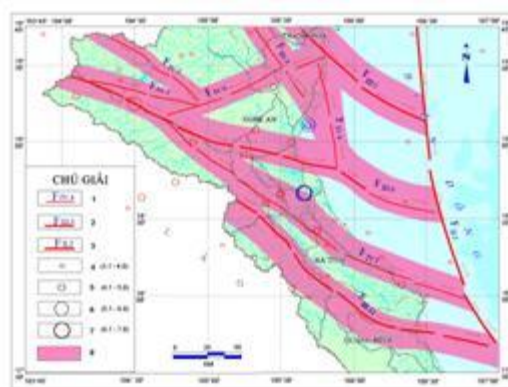
Hình 3. Mô hình mô phỏng dịch chuyển ngang dọc các đứt gãy lưu vực Sông Cả - Rào Nậy

Chú thích: 1- Đứt gãy cấp II; 2- Đứt gãy cấp III; 3- Ranh giới khối cấp IV; 4, 5, 6, 7- Chân tâm động đất được phân chia theo cấp độ mạnh khác nhau; 8- Vận tốc dịch chuyển ngang (mm/năm).



Hình 4. Mô hình mô phỏng dịch chuyển thẳng đứng vỏ Trái đất lưu vực Sông Cả - Rào Nậy

Chú thích: 1- Đứt gãy cấp II; 2- Đứt gãy cấp III; 3- Ranh giới khối cấp IV; 4, 5, 6, 7- Chân tâm động đất được phân chia theo cấp độ mạnh khác nhau; Thang màu là vận tốc dịch chuyển thẳng đứng (mm/năm).



Hình 5. Mô hình mô phỏng ứng suất siết ép vỏ Trái đất lưu vực Sông Cả - Rào Nậy

Chú thích: 1- Đứt gãy cấp II; 2- Đứt gãy cấp III; 3- Ranh giới khối cấp IV; 4, 5, 6, 7- Chân tâm động đất được phân chia theo cấp độ mạnh khác nhau; Thang màu là độ lớn ứng suất (tính theo bar).

Hình 6. Đối động lực đứt gãy lưu vực Sông Cả - Rào Nậy

Chú thích: 1- Đứt gãy cấp II; 2- Đứt gãy cấp III; 3- Ranh giới khối cấp IV; 4, 5, 6, 7- Chân tâm động đất được phân chia theo cấp độ mạnh khác nhau; 8- Đối động lực đứt gãy.

Trên cơ sở phân tích trường ứng suất hiện đại lãnh thổ Việt Nam cho thấy khu vực nghiên cứu và kề cận đang chịu lực tác động nén ép phương bắc - tây bắc (khoảng 30°). Dưới tác động của khối Đông Dương chuyển động về phía nam - tây nam, kèm theo xu hướng xoay theo kim đồng hồ, toàn bộ khu vực nghiên cứu đang nằm trong trạng thái siết ép [3, 7, 10, 17]. Với mô hình trường ứng suất như vậy các đới đứt gãy trong phạm vi nghiên cứu có biểu hiện dịch trượt ngang như sau: Trượt bằng trái đối với các đứt gãy phương kinh tuyến, á kinh tuyến, và bắc - đông bắc; Trượt bằng phải đối với các đứt gãy phương tây bắc - đông nam; Đối với các đứt gãy có phương phát triển trùng với phương của trường ứng suất khu vực sẽ có biểu hiện tách giãn, trong khi các đứt gãy phương Đông Bắc - Tây Nam chịu lực siết ép mạnh. Kết quả mô phỏng dịch chuyển ngang, thẳng đứng và ứng suất siết ép thể hiện trên các Hình 3, 4 và 5 cho thấy khu vực tập trung ứng suất nén mạnh nhất nằm ở đầu mút của các đoạn thuộc đứt gãy Năm

Chou, Sông Cả và Rào Nậy. Theo các nghiên cứu gần đây [13], các vùng có sự gia tăng mạnh ứng suất nén thường là vùng có sự tăng cường rất mạnh hoạt động và có khả năng tăng thêm xác suất xảy ra động đất tại khu vực tương ứng. Do đó, cần lưu ý tới các khu vực có sự gia tăng ứng suất mạnh kể trên trong việc đánh giá động đất cho toàn vùng.

III. BIỂU HIỆN HOẠT ĐỘNG ĐỘNG ĐẤT LƯU VỰC SÔNG CẢ - RÀO NẬY

Theo thống kê của Viện Vật lý Địa cầu (đến hết năm 2012) [3-11, 15-17] thì trong phạm vi lưu vực Sông Cả - Rào Nậy đã xuất hiện 70 trận động đất có cấp độ mạnh lớn hơn hoặc bằng 3,0. Phân bố động đất khu vực nghiên cứu được biểu thị trong Hình 6. Nếu chỉ xét theo hàm phân bố Gutenberg - Richter thì tần suất xuất hiện động đất tại lưu vực Sông Cả - Rào Nậy là không cao (hệ số $b=0,522$). Song trên thực tế thì tại đây ít nhất cũng đã xuất hiện một động đất có $M=6,0$ (động đất lịch sử). Đã có một số nhận định về động đất lớn nhất có thể xảy ra tại khu vực nghiên cứu trên cơ sở các phương pháp khác nhau như [3-7, 12, 16]: 1/ Theo cách tiếp cận đặc trưng vỏ lục địa ổn định; 2/ Trên cơ sở phân bố hàm Gumbel III; 3/ Trên cơ sở phương pháp phân tích - dự báo động đất cực đại bằng tiếp cận phân loại vỏ Trái đất;

4/ Trên cơ sở bài toán đánh giá cực đại động đất theo tiếp cận tất định mới (sử dụng chương trình GNDT). Kết quả cho thấy:

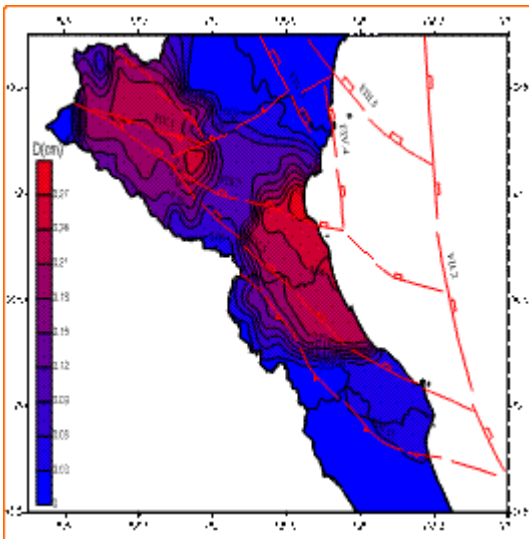
- Nguy cơ xảy ra động đất lớn nhất dọc các đứt gãy phân khối địa động lực hiện đại vỏ Trái đất (khối cấp III thạch quyển) lưu vực Sông Cả - Rào Nậy nằm trong giới hạn $M=6,5-7,0$. Đây là những đứt gãy cấp III (cấp II Việt Nam), có độ sâu ảnh hưởng xuyên Vỏ và bề rộng nằm trong giới hạn 20-30 km. Có biểu hiện rõ nét tính phân đoạn của các đứt gãy này không những trên cơ sở tài liệu địa chất, địa vật lý và địa mạo - địa hình hiện đại mà còn thể hiện ở mức độ hoạt động động đất khác nhau. Chẳng hạn: Trong phạm vi khu vực nghiên cứu đứt gãy Điện Biên - Sầm Nưa - Thường Xuân được chia làm hai đoạn có nguy cơ phát sinh động đất mạnh tương ứng là 7,1 và 7,0. Có thể phân đứt gãy Sông Cả thành 7 đứt đoạn với động đất tối đa tương ứng là 6,8; 6,8; 6,9; 6,6; 6,8; 6,3; và 7,0. Đứt gãy Rào Nậy có biểu hiện rõ nét phân ra làm 6 đứt đoạn với giá trị động đất lớn nhất được dự báo tương ứng là 6,2; 6,7; 6,8; 7,0; 6,5; và 6,7.

- Các đứt gãy cấp IV gồm: Nậm Non, Nậm Chou, Quý Hợp, Thanh Chương - Kỳ Anh, Sầm Nưa - Thái Hòa và Nghi Sơn cũng có dấu hiệu hoạt động tích cực trong hiện tại. Các đứt gãy này là ranh giới phân chia khối bậc cao hơn (khối cấp IV thạch quyển). Tính phân đoạn của chúng cũng khá rõ nét, độ sâu ảnh hưởng có thể đạt 10-20 km và với bề rộng 10-15 km. Động đất cực đại được dự báo cho ba đứt đoạn của đứt gãy Nậm Non tương ứng là 6,7; 6,0 và 6,5. Đứt gãy Quý Hợp có thể chia làm hai đứt đoạn với giá trị động đất cực đại dự báo là 6,9 và 6,8. Sáu đứt đoạn của đứt gãy Thanh Chương - Kỳ Anh (nhánh phụ của đứt gãy Sông Cả) được dự báo lần lượt là có cấp độ mạnh tương ứng với 6,5; 6,7; 6,9; 6,9; 7,0 và 6,9. Đứt gãy Sầm Nưa - Thái Hòa (nhánh phụ

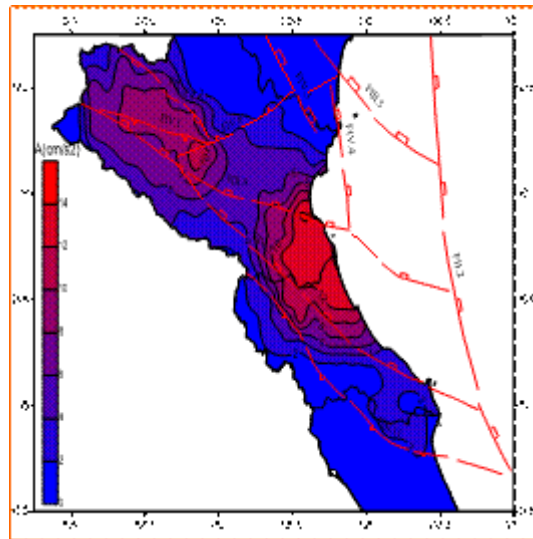
của đứt gãy Điện Biên - Sầm Nưa - Thường Xuân) trong phạm vi nghiên cứu chia làm hai đứt đoạn với động đất cực đại là 6,7 và 6,4. Đứt gãy Nghi Sơn gồm hai đoạn với động đất lớn nhất có thể xảy ra đạt cấp độ mạnh 6,8 và 6,6.

IV. ĐỘ NGUY HIỂM ĐỊA CHẤN LƯU VỰC SÔNG CẢ - RÀO NẬY

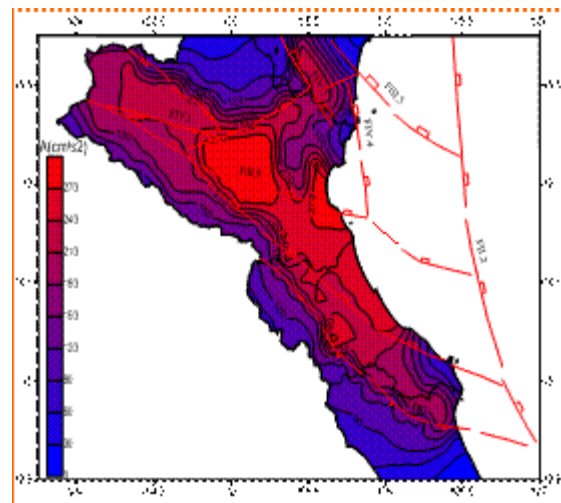
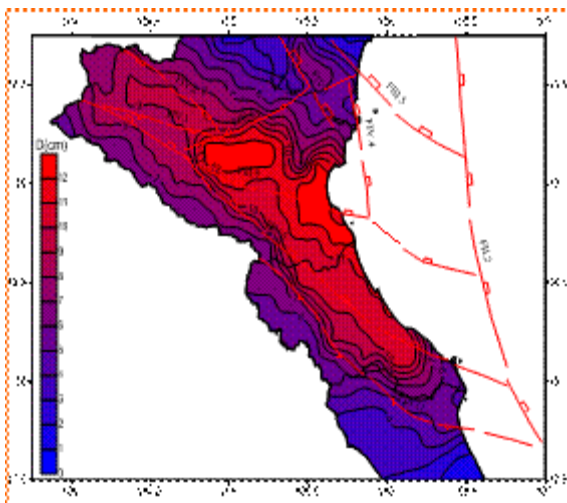
Một số thông số về độ nguy hiểm địa chấn lưu vực Sông Cả - Rào Nậy được tính toán theo hai phương án: 1/ Trên cơ sở động đất đã xảy ra và 2/ Trên cơ sở dự báo động đất lớn nhất có thể xảy ra.



Hình 7. Sơ đồ thành phần dịch chuyển nằm ngang (D_{max}) tính từ danh mục động đất lưu vực Sông Cả - Rào Nậy



Hình 8. Sơ đồ thành phần gia tốc nền cực đại (A_{max}) tính từ danh mục động đất lưu vực Sông Cả - Rào Nậy



Hình 9. Sơ đồ dự báo dịch chuyển nằm ngang (D_{max}) lưu vực Sông Cả - Rào Nậy

Hình 10. Sơ đồ dự báo gia tốc nền cực đại (A_{max}) lưu vực Sông Cả - Rào Nậy

1. Kết quả tính độ nguy hiểm địa chấn từ danh mục động đất lưu vực Sông Cả - Rào Nậy

Động đất lớn nhất đã xảy ra tại Tương Dương năm 1957 ($M = 5,2$) và ở Vinh năm 1903 ($M = 5,2$), các khu vực còn lại chỉ có động đất nhỏ. Giá trị dịch chuyển ngang (D_{max}) và gia tốc (A_{max}) ở khu vực Tương Dương, Hòa Bình tương ứng đạt $D_{max} = 0,18 \div 0,24 \text{ cm}$, $A_{max} = 8 \div 10 \text{ cm/s}^2$, trong khi tại khu vực TP. Vinh, Diễn Châu, Yên Thành có giá trị $D_{max} = 0,18 \div 0,27 \text{ cm}$ và $A_{max} = 10 \div 13 \text{ cm/s}^2$.

2. Kết quả tính dự báo độ nguy hiểm địa chấn lưu vực Sông Cả - Rào Nậy

Từ các tham số vùng nguồn và kết quả dự báo động đất lớn nhất tại các đứt đoạn đứt gãy chúng tôi tiến hành tính toán đặc trưng dịch chuyển và gia tốc dao động nền cho toàn lưu vực Sông Cả - Rào Nậy. Kết quả tính toán được biểu diễn trong Hình 9 và 10 cho thấy:

- Đới đứt gãy Rào Nậy có giá trị dịch chuyển ngang (D_{max}) thay đổi trong giới hạn $6 \div 9 \text{ cm}$, gia tốc (A_{max}) đạt giá trị $140 \div 200 \text{ cm/s}^2$. Các giá trị này tương đương với cường độ chấn động cấp VIII theo thang MSK-64.

- Đới đứt gãy Thanh Chương - Kỳ Anh có giá trị dịch chuyển ngang $D_{max} = 8 \div 10 \text{ cm}$, gia tốc $A_{max} = 200 \div 240 \text{ cm/s}^2$. Các giá trị này tương đương với cường độ chấn động cấp VIII theo thang MSK-64.

- Đới đứt gãy Sông Cả có giá trị dịch chuyển ngang (D_{max}) nằm trong giới hạn $8 \div 12 \text{ cm}$, gia tốc dao động nền (A_{max}) đạt $220 \div 280 \text{ cm/s}^2$. Các giá trị này tương đương với cường độ chấn động từ cấp VIII đến IX theo thang MSK-64.

- Đới đứt gãy Thái Hòa có giá trị dịch chuyển ngang (D_{max}) trung bình (khoảng 6 cm), gia tốc (A_{max}) đạt 140 cm/s^2 (cấp VII - VIII, thang MSK-64).

V. KẾT LUẬN

Trên cơ sở các kết quả đạt được trong nghiên cứu này cho phép rút ra một số nhận định sau:

1/ Lưu vực Sông Cả - Rào Nậy có biểu hiện phân dị mạnh về biến dạng địa động lực hiện đại. Tại đây tồn tại 4 khối địa động lực hiện đại vỏ Trái đất (khối cấp III thạch quyển) có biểu hiện hoạt động khá tích cực, bao gồm: Sông Mã, Sốp Cộp - Thái Hòa,

Sông Cả và Trường Sơn. Các khối này đều thuộc về khối thạch quyển cấp II, khối Đông Dương (K_{II.3}). Ranh giới giữa các khối là các đứt gãy hoạt động Điện Biên - Sầm Nưa - Thường Xuân, Sông Cả và Rào Nậy (cấp II Việt Nam). Các khối cấp III này bị phân chia thành các khối cấp cao hơn (cấp IV) bởi các đứt gãy cấp IV: Nậm Non; Nậm Chou; Quỳnh Hợp; Sầm Nưa - Thái Hòa; Nghi Sơn và Thanh Chương - Kỳ Anh.

2/ Đứt gãy cấp III (Điện Biên - Sầm Nưa - Thường Xuân, Sông Cả và Rào Nậy) và đứt gãy cấp IV (Nậm Non, Nậm Chou, Quỳnh Hợp, Sầm Nưa - Thái Hòa và Nghi Sơn, Thanh Chương - Kỳ Anh) là những đứt gãy hoạt động tích cực trong hiện tại. Chúng là ranh giới khối có biểu hiện biến dạng địa động lực phân dị. Đây cũng chính là các đới phát sinh động đất chính lưu vực Sông Cả - Rào Nậy.

3/ Động đất quan sát được trong phạm vi lưu vực Sông Cả - Rào Nậy đến hết năm 2012 có cấp độ mạnh đạt 6,0. Tuy vậy, với mức độ biểu hiện hoạt động mạnh trong hiện tại, khu vực nghiên cứu được dự báo là có thể có nguy cơ phát sinh động đất cấp độ mạnh 6,5-7,0 dọc theo các đới phát sinh: Điện Biên - Sầm Nưa - Thường Xuân, Sông Cả, Rào Nậy, Nậm Non, Nậm Chou, Quỳnh Hợp, Sầm Nưa - Thái Hòa, Nghi Sơn và Thanh Chương - Kỳ Anh.

4/ Với kết quả tính từ danh mục động đất ta có giá trị dịch chuyển ngang (D_{max}) và gia tốc (A_{max}) tại khu vực Tương Dương tương ứng đạt: $D_{max} = 0,18 \div 0,24$ cm, $A_{max} = 8 \div 10$ cm/s². Các khu vực: TP. Vinh, Diễn Châu, Yên Thành có $D_{max} = 0,18 \div 0,27$ cm và $A_{max} = 10 \div 13$ cm/s². Kết quả tính dự báo cho thấy giá trị dịch chuyển ngang (D_{max}) và gia tốc (A_{max}) tại các khu vực này đều cao hơn, có thể đạt cực đại tương ứng là $D_{max} = 8 \div 10$ cm, $A_{max} = 120 \div 280$ cm/s².

VĂN LIỆU

1. **Berry M.J., 1987.** Earthquake hazard assessment and prediction. *Tectonophysics*, 167/2-4 (Special Issue). Vancouver, 361 pp..
2. **Bruce A.B., 1999.** Earthquake. W.H.Freeman and Company. New York, 366 pp..
3. **Bùi Công Quế và nnk, 2010.** Nguy hiểm động đất và sóng thần vùng ven biển Việt Nam. Nxb KHTN & CN, Hà Nội, 314 tr.
4. **Cao Đình Triều, 2002.** Đặc trưng hoạt động động đất khu vực Tuần Giáo và kế cận. *TC Các khoa học về TĐ*, 24/5 : 40-51. Hà Nội.
5. **Cao Đình Triều, 2008.** Động đất. Nxb KH & KT, Hà Nội, 312 tr.

6. **Cao Đình Triều, 2010.** Tai biến động đất ở Việt Nam. *Nxb KH & KT, Hà Nội, 304 tr.*
7. **Cao Đình Triều (Chủ biên), và nnk, 2011.** Nghiên cứu cổ động đất, cổ sóng thần ven biển Nghệ Tĩnh phục vụ cho dự báo động đất và sóng thần. *Báo cáo tổng kết đề tài cấp Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam, Hà Nội, 200 tr.*
8. **Cao Đình Triều, Ngô Gia Thắng, Bùi Anh Nam, 2012.** Một số kết quả bước đầu nghiên cứu sóng thần cổ ở vùng ven biển Nghệ An. *TC Địa chất, A/331-332 : 167-179. Hà Nội.*
9. **Cao Đình Triều, Nguyễn Đức Vinh, 2012.** Phân đoạn đứt gãy trong đánh giá động đất cực đại ở Việt Nam. *TC Địa chất, A/331-332 : 59-68. Hà Nội.*
10. **Cao Đình Triều và nnk, 2012.** Đặc điểm địa động lực hiện đại vùng ven biển Việt Nam. *TC Địa chất, A/331-332 : 10-21. Hà Nội.*
11. **Cao Đình Triều, Phạm Văn Hùng, 2012.** Tai biến địa chất Nghệ An và Hà Tĩnh. *Nxb KH & KT, Hà Nội, 171 tr.*
12. **Đặng Thanh Hải, 2003.** Nghiên cứu một số đặc điểm cấu trúc sâu vỏ Trái đất và phân vùng địa chấn kiến tạo miền Bắc Việt Nam. Luận án TS Địa vật lý. *Viện Vật lý Địa cầu, Hà Nội.*
13. **<http://usgsprojects.org/coulomb/>**
14. **Liên đoàn Vật lý Địa chất, 1985.** Bản đồ dị thường từ hàng không thành phần ΔT_a tỷ lệ 1:500000. *Lưu trữ Liên đoàn Vật lý Địa chất, Hà Nội.*
15. **Nguyễn Đình Xuyên, Cao Đình Triều, 1990.** Động đất Tuần Giáo ngày 24/6/83. *Nxb KH&KT, Hà Nội, 107 tr.*
16. **Nguyễn Đình Xuyên (Chủ nhiệm), 2004.** Nghiên cứu dự báo động đất và dao động nền lãnh thổ Việt Nam. *Báo cáo tổng kết đề tài độc lập cấp Nhà nước. Lưu Viện VLĐC. Hà Nội, 288 tr.*
17. **Phan Trọng Trịnh (Chủ nhiệm), 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 liên quan và đề xuất các giải pháp phòng tránh. *Báo cáo tổng kết Đề tài cấp nhà nước KC09-11/06-10. Hà Nội, 300 tr.*