

VỀ ĐỘ LỚN CỦA ĐỘNG ĐẤT CỰC ĐẠI TRÊN ĐỚI ĐỨT GÃY MƯỜNG LA - BẮC YÊN

BÙI VĂN DUÂN¹, NGUYỄN CÔNG THĂNG²,
NGUYỄN VĂN VƯỢNG³, PHẠM ĐÌNH NGUYỄN¹

E - mail: duanbv@igp-vast.vn

¹Viện Vật lý Địa cầu, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

²Nhà xuất bản Khoa học tự nhiên và Công nghệ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

³Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc Gia Hà Nội

Ngày nhận bài: 14 - 9 - 2012

1. Mở đầu

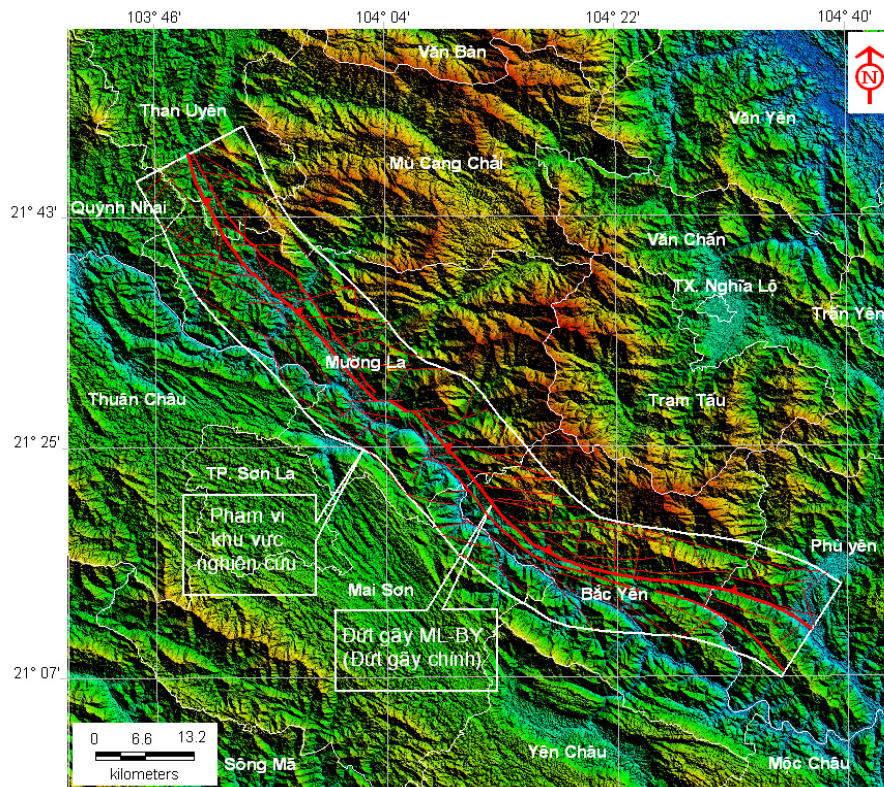
Trong lĩnh vực địa chấn công trình, việc đánh giá độ lớn (magnitude) của động đất cực đại (sau đây viết tắt là M_{max}) có thể xảy ra ở mỗi vùng nguồn phát sinh động đất là hết sức cần thiết. Để xác định được dao động nền có thể xảy ra trong tương lai ở một địa điểm hay một khu vực nhất định, ngay sau khi biết được các vùng nguồn sinh chấn người ta cần đánh giá M_{max} của chúng. Giá trị M_{max} của mỗi vùng nguồn do vậy là một trong những yếu tố quyết định mức dao động nền trong các bản đồ nguy hiểm động đất và sẽ ảnh hưởng trực tiếp đến công tác quy hoạch và thiết kế công trình chống động đất.

Đới đứt gãy Mường La - Bắc Yên (ML - BY) là một vùng nguồn phát sinh động đất nằm ở khu vực Tây Bắc của nước ta. Nó đã được chú ý và đề cập trong nhiều công trình, chẳng hạn như Phân vùng dự báo chi tiết động đất ở vùng Tây Bắc của Nguyễn Ngọc Thủy và các cộng sự (2005), Nguyễn Văn Hùng (2002), đặc biệt là trong quá trình khảo sát lựa chọn vị trí xây dựng các nhà máy thủy điện Sơn La và Huổi Quảng (Kết quả nghiên cứu bổ sung về đánh giá ảnh hưởng của động đất đối với công trình thủy điện Sơn La tại tuyến Pa Vinh II, Nguyễn Đình Xuyên và nnk, 2001). Tuy nhiên, cho đến nay vẫn còn có những ý kiến trái chiều cả về tính chất của đới đứt gãy trong hiện đại lẫn kết quả đánh giá M_{max} . Đây là đới đứt gãy lớn, tái hoạt động trong Tân kiến tạo và Hiện đại, được ghi nhận bởi nhiều dấu hiệu, từ chỉ số địa mạo như hệ số khúc khủy chân sườn, hệ số uốn khúc dòng chảy sông suối gần bằng 1, đến các dị thường như

địa nhiệt (xuất lộ các điểm nước khoáng nóng), thoát khí radon, rồi nứt trượt đất và đặc biệt là hoạt động động đất [1]. Vì vậy, cần có những xem xét, đánh giá về M_{max} của đới đứt gãy ML-BY làm cơ sở khoa học để đề xuất các giải pháp đảm bảo an toàn cho các khu dân cư và các công trình quan trọng gần đới đứt gãy như thủy điện Sơn La và Huổi Quảng. Để giải quyết vấn đề này, bài báo sẽ trình bày kết quả đánh giá về M_{max} của đới đứt gãy ML-BY trên cơ sở những tài liệu cập nhật về hoạt động động đất và đặc điểm động hình học của đới đứt gãy trong giai đoạn hiện đại.

2. Đặc điểm động hình học của đới đứt gãy ML-BY trong giai đoạn Hiện đại

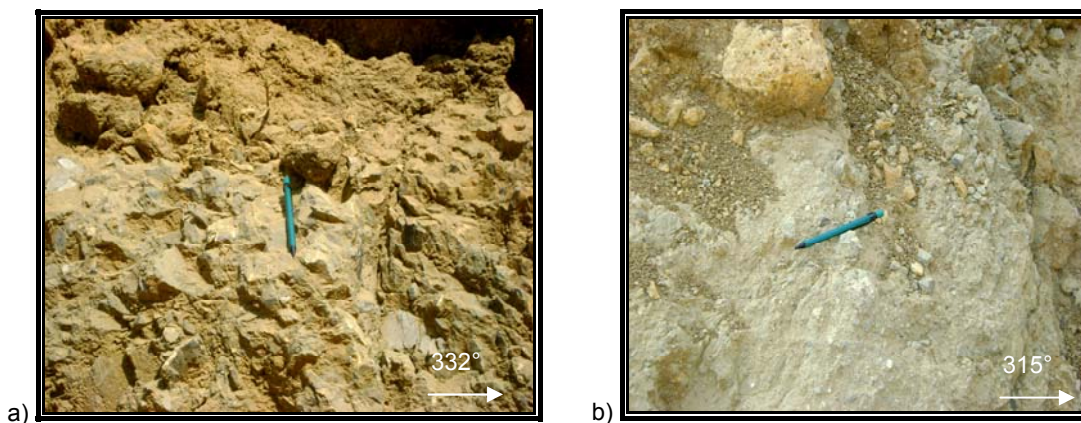
Đới đứt gãy ML-BY đóng vai trò là ranh giới giữa một bên là các khối núi cao của đới Tú Lệ với một bên là đới Sông Đà có địa hình hạ thấp tương đối (hình 1). Đới đứt gãy bắt đầu từ Tà Gia (Than Uyên) chạy dọc theo sông Nậm Mu qua Khoen On tới suối Trai tại xã Mường Trai, sau đó tiếp tục chạy dọc theo suối Nậm Toong qua Pi Toong, Ít Ong tới Nậm Păm và kéo xuống gần sông Đà ở khu vực Mường La. Từ Mường La, đứt gãy tiếp tục chạy song song với bờ trái sông Đà qua Chiềng Ban, Chiềng Hoa. Sau hai lần liên tiếp bị lệch đường phương diễn ra ở khu vực bản Chiến và bản Nong, đới đứt gãy tiếp tục chạy qua các bản Mường Pịa, Nà Sài đến bản Chim Thượng. Tại đây phương kéo dài của đứt gãy thay đổi, chuyển từ TB - ĐN sang phương á vĩ tuyến, rồi đi qua bản Chim Hạ, Bắc Yên, chạy dọc theo suối Bé, cắt qua suối Sập ở khu vực bản Mòn, sau đó tiếp tục chạy dọc theo suối Bùa đến Gia Phù và Tường Thượng.



Hình 1. Đới đứt gãy ML - BY trên ảnh mô hình số độ cao độ phân giải 30m (ảnh Shuttle Radar Topography Mission)

Trên khu vực từ Tà Gia đến bản Chiến, đới đứt gãy cắt qua các đá núi lửa felsic hệ tầng Tú Lệ ($P_3 t/l$), với thành phần chủ yếu là ryodacit, trachyryolit, trachyt và các đá trầm tích lục nguyên, carbonat xen phun trào mafic của hệ tầng Mường Trai

($T_2 l mt$) [9]. Các thành tạo này bị xáo trộn và phân bố khá hỗn độn; chúng bị cả nát, xiết ép, vò nhàu và biến dạng mạnh mẽ, thí dụ như dập vỡ, cả nát dạng dăm kiến tạo trong đá vôi hệ tầng Mường Trai tại vết lộ ML09 trên đèo Co Khét (hình 2).



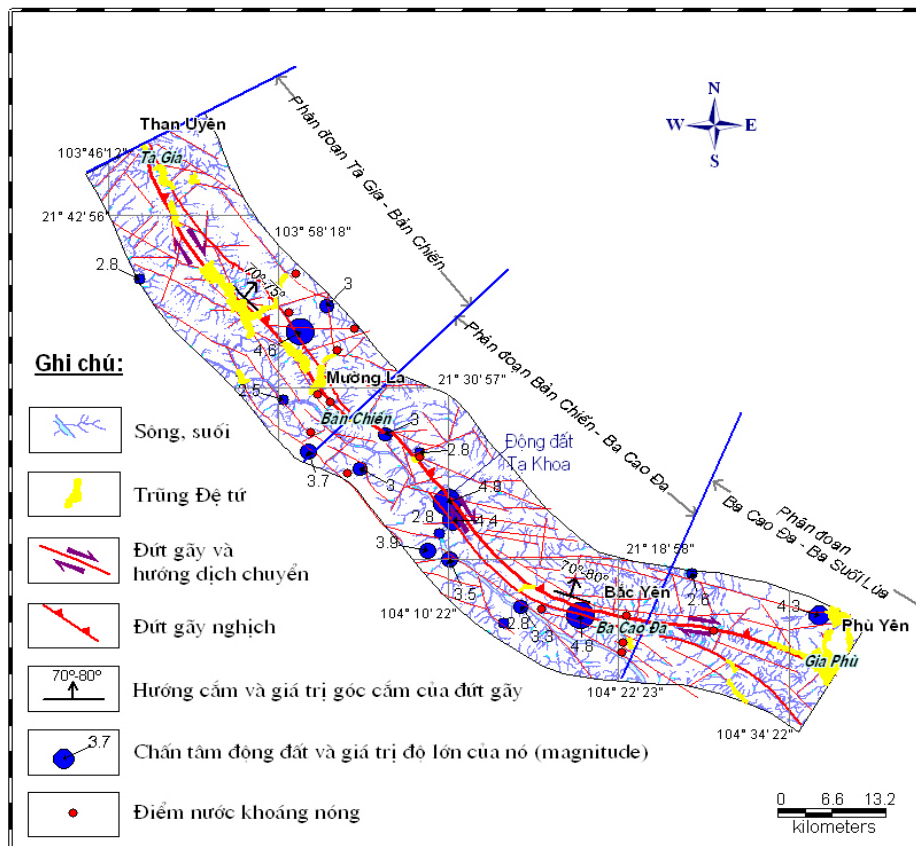
Hình 2. Ảnh chụp tại điểm lộ ML09 trên đèo Co Khét thể hiện sự phá hủy kiến tạo do hoạt động của đới đứt gãy ML-BY gây ra (a- Đá vôi hệ tầng Mường Trai bị dập vỡ kiến tạo và b- Đá vôi hệ tầng Mường Trai bị cả nát dạng dăm kiến tạo).

Trên khu vực từ bản Chiến đến Gia Phù, đới đứt gãy chủ yếu cắt qua các đá basalt porphy, basalt aphy, basalt hạnh nhân, tuf basalt của hệ tầng Viên Nam ($P_3 vn$) và các đá phun trào basalt, andesitobasalt và tuf của chúng của hệ tầng Suối Bé ($P_3 sb$) [9], và đã làm các đá này bị dập vỡ, cà nát, vỡ nhàu mạnh mẽ. Bên cạnh đó dọc theo đới đứt gãy còn phát triển các thung lũng hẹp được phủ bởi các trầm tích Đệ tứ có nguồn gốc bồi tích từ các phụ lưu của sông Đà như ở khu vực bản Lếch, Mường Trai, Pi Toong,...

Kết quả phân tích biến dạng khe nứt kiến tạo, đặc biệt là các mặt trượt có vết xước và đối sánh chúng với các bồn trầm tích hiện đại cũng như cơ cấu chấn tiêu động đất, đã cho thấy trường ứng suất kiến tạo của khu vực nghiên cứu, trong giai đoạn Pliocen - Hiện đại, có trục nén ép cực đại phương á kinh tuyến (Nguyễn Ngọc Thủy và ntk, 2005; Nguyễn Đình Xuyên và ntk, 2001; [1] và [4]). Dưới tác động của trường ứng suất này, trong giai đoạn Pliocen - Hiện đại, đứt gãy ML-BY hoạt động với cơ chế trượt bằng phải - nghịch trên đoạn TB-ĐN và nghịch - trượt bằng phải trên đoạn á vĩ

tuyến. Mặt trượt của đới đứt gãy được xác định là nghiêng về phía ĐB với góc cắm khá dốc khoảng $70 - 75^\circ$ có nơi dốc hơn $75 - 80^\circ$.

Việc xem xét, đánh giá tính phân đoạn của đới đứt gãy ML - BY trong nghiên cứu này được dựa trên tổ hợp tiêu chí phân đoạn đứt gãy mà Trần Văn Thắng cùng các cộng sự đưa ra khi nghiên cứu các đứt gãy kiến tạo hoạt động ở khu vực Tây Bắc, Việt Nam (Nghiên cứu dự báo động đất kích thích vùng hồ thủy điện Sơn La của Lê Tử Sơn và các cộng sự, 2012, Nguyễn Ngọc Thủy và ntk, 2005), gồm: (i) độ lệch phương của đứt gãy; (ii) sự chuyển đổi đột ngột phương của đứt gãy; (iii) đặc điểm phát nhánh, toả tia; (iv) đặc điểm thể nằm mặt trượt đứt gãy; v) cơ chế dịch trượt, biên độ, tốc độ dịch trượt trong $N_2 - Q$; (vi) mức độ biểu hiện hoạt động động đất; (vii) đặc điểm hoạt động của quá trình nội - ngoại sinh liên quan tới hoạt động của đứt gãy như nứt - trượt đất, các quá trình sườn, hoạt động nước nóng- nước khoáng. Theo các tiêu chí này, đới đứt gãy ML - BY trong giai đoạn Hiện đại được phân thành 3 phân đoạn như sau (hình 3):



Hình 3. Các phân đoạn của đới đứt gãy ML-BY và các trận động đất đã xảy ra trên khu vực nghiên cứu

- Phân đoạn 1 (Tà Gia - Bản Chiến): Phân đoạn có phương TB - ĐN với chiều dài khoảng 45,3km. Phân đoạn này được xác định dựa trên tiêu chí phát nhánh, tỏa tia. Cụ thể, bắt đầu từ Tà Gia đoạn đứt gãy tách làm 2 nhánh chạy gần như song song với nhau dọc thung lũng sông Nậm Mu, chúng đều bị các đứt gãy bậc cao phương vĩ tuyến chặn lại ở khu vực bản Chiến. Nhánh thứ nhất (nhánh chính) xuất phát từ Tà Gia qua bản Đốc, bản Lếch, Pi Toong và kết thúc ở bản Chiến. Nhánh thứ hai (nhánh phụ) cũng từ Tà Gia kéo qua bản Hi, Tàng Khê, bản Mện, Ái Ngựa, Chiềng Tê và kết thúc ở phía TB bản Chiến. Phân đoạn này cũng được xác định dựa trên tiêu chí mức độ biểu hiện động đất xảy ra trên phân đoạn này không nhiều với 5/18 trận, trong đó chỉ có duy nhất 1 trận có $M = 4,6$ xảy ra trên nhánh phụ của phân đoạn. Ngoài ra, ta còn thấy dọc theo phân đoạn này phát triển nhiều trũng Đệ tứ, trong đó lớn nhất là trũng Đệ tứ ở Mường Trai và ở Pi Toong, các trũng này đều phát triển kéo dài dọc theo đới đứt gãy (hình 3).

- Phân đoạn 2 (Bản Chiến - Ba Cao Đa): Phân đoạn đứt gãy có phương uốn lượn thay đổi từ TB - ĐN sang á vĩ tuyến với chiều dài khoảng 44,2km. Phân đoạn này viền theo rìa phía nam đới Tú Lệ. Phân đoạn được xác định dựa trên tiêu chí: mức độ hoạt động động đất, đặc điểm phát nhánh tỏa tia, đặc điểm thể nằm mặt trượt. Phân đoạn đứt gãy bắt đầu từ bản Chiến, bản Nong chạy theo phương TB - ĐN qua Ba Nà Sài tới Ba Chim Thượng; tại đây đứt gãy thay đổi phương kéo dài, chuyển từ phương TB - ĐN sang á vĩ tuyến qua Ba Chim Hạ tới Ba Cao Đa. Trong phân đoạn phát triển nhiều đứt gãy phụ có phương kéo dài song song với đứt gãy chính hoặc tựa vào đứt gãy chính, trong đó đáng chú ý nhất là nhánh đứt gãy song song với đứt gãy chính, nhánh này bắt đầu từ bản Ang qua Ba Là Phai, Ba Pắc Ngà, Chim Vân và dừng lại ở suối Lộc. Phân đoạn này có mặt trượt nghiêng về phía đông bắc với góc cắm đạt $70-80^\circ$ lớn hơn so với phân đoạn 1. Trên phân đoạn này động đất tập trung khá nhiều với 11/18 trận dọc theo đới đứt gãy, điển hình nhất là trận động đất Tạ Khoa có $M=4,9$ (hình 3). Hiện tượng nứt trượt đất trên phân đoạn này xảy ra nhiều hơn so với phân đoạn 1 [1].

- Phân đoạn 3 (Ba Cao Đa - Ba Suối Lúa): Phân đoạn này có phương uốn lượn thay đổi từ á vĩ tuyến sang TB - ĐN. Đứt gãy bắt đầu từ Ba Cao Đa đi qua khu vực Bắc Yên, rồi chạy dọc theo suối Bé tới bản Mòn, cắt qua suối Sập tiếp tục chạy dọc

theo suối Bùa tới Gia Phù và đi ra ngoài phạm vi khu vực nghiên cứu tới chỗ cắt qua sông Đà tại khu vực Ba Suối Lúa. Phân đoạn này uốn cong hình cánh cung có đỉnh lồi quay về phía ĐB. Phân đoạn được xác định dựa trên tiêu chí độ lệch phương, đặc điểm phát nhánh tỏa tia và mức độ hoạt động động đất. Trên phân đoạn phát triển chủ yếu các đứt gãy bậc cao phương kinh tuyến, chúng tựa vào đứt gãy chính và là yếu tố cấu trúc khống chế trũng Đệ tứ Phù Yên. Dọc theo phân đoạn này động đất hầu như không xuất hiện, song hiện tượng nứt trượt đất xảy ra lại khá phổ biến, nhiều hơn phân đoạn 1 và phân đoạn 2 [1]. Tổng chiều dài của phân đoạn khoảng 45,7km.

Đới đứt gãy ML-BY được đánh giá là hoạt động trong giai đoạn Hiện đại, trong đó động đất là bằng chứng thuyết phục nhất. Từ năm 1900 đến tháng 10/2011 có 18 trận động đất xảy ra ở đây, đáng chú ý nhất là trận động đất Tạ Khoa xảy ra ngày 06/10/1991 tại 21,382 độ vĩ Bắc, 104,173 độ kinh Đông, $M = 4,9$ (xem hình 3). Trên hình 3 chúng ta thấy động đất đã quan sát được trong đới tập trung ở nơi đứt gãy chính chuyển phương từ TB-ĐN sang á vĩ tuyến hoặc ở những nơi xuất hiện các đứt gãy nhánh tỉ vào đứt gãy chính kiểu kiến trúc đuôi ngựa. Độ sâu phát sinh của các trận động đất đã xảy ra trên đới đứt gãy có giới hạn trên là 5 km và giới hạn dưới là 18km, chủ yếu tập trung trong khoảng từ 10 đến 15km. Dựa trên nguồn số liệu có được, chúng tôi xác định đồ thị lặp lại động đất cho đới đứt gãy ML-BY như sau:

$$\lg N^*(M) = 2,9685 - 0,95244M, \quad (1)$$

với N^* là số lần xuất hiện trong một năm của động đất với độ lớn M . Với kết quả này, có thể đánh giá mức độ hoạt động động đất trên đới đứt gãy ML-BY là trung bình, tương đương với vùng Đông Bắc Việt Nam. Tuy nhiên, động đất cực đại (M_{max}) của đới đứt gãy này là vấn đề cần phải được chính xác hoá.

3. Đánh giá M_{max} cho đới đứt gãy ML - BY

3.1. Phương pháp đánh giá M_{max}

Những năm qua, công tác đánh giá M_{max} cho các vùng phát sinh động đất ở Việt Nam đã được thực hiện trong rất nhiều công trình: Phân vùng dự báo chi tiết động đất ở vùng Tây Bắc (Nguyễn Ngọc Thủy và nnk, 2005); Cơ sở dữ liệu cho các giải pháp giảm nhẹ hậu quả động đất ở Việt Nam (Nguyễn Đình Xuyên và nnk, 1996); Nghiên cứu

dự báo động đất và dao động nền ở Việt Nam (Nguyễn Đình Xuyên và nnk, 2004). Các phương pháp thường được sử dụng để đánh giá M_{max} trong các công trình này là phương pháp ngoại suy địa chất, phương pháp sử dụng hàm phân bố cực trị Gumbel và phương pháp đánh giá theo qui mô đứt gãy. Bên cạnh đó một số phương pháp khác như phân bố Beta, hợp lý cực đại [5], nhận dạng [2], sử dụng đồ thị lặp lại động đất [8] cũng có thể sử dụng để đánh giá M_{max} cho các vùng phát sinh động đất nhưng ít được dùng ở nước ta. Trong nghiên cứu này, xuất phát từ những kết quả có được về địa chấn - kiến tạo và địa động lực hiện đại của đới đứt gãy ML-BY, để đánh giá M_{max} cho đới đứt gãy chúng tôi tập trung chủ yếu vào phương pháp sử dụng kích thước đứt gãy.

Về lý thuyết, mối liên quan giữa độ lớn động đất và kích thước nguồn (đứt gãy) phát sinh động đất được thể hiện qua định nghĩa về độ lớn động đất trình bày trong [3]:

$$M_w = \frac{2}{3} \log M_0 - 10,7. \quad (2)$$

Ở đây M_w là độ lớn (moment) của động đất, còn M_0 là moment địa chấn của động đất (đơn vị là dyne-cm) và được xác định như sau:

$$M_0 = \mu DA, \quad (3)$$

với μ là modul cắt (bằng 3×10^{11} dyne/cm² cho các đứt gãy vỏ [3]), D là dịch trượt trung bình của bề mặt đứt gãy và A là diện tích của mặt đứt gãy đã dịch trượt. Xuất phát từ mối tương quan này, trên cơ sở phân tích, xử lý tập số liệu gồm các thông tin moment địa chấn, độ lớn, cơ cấu nguồn, độ sâu nguồn, kiểu trượt, chiều dài đới phá hủy trên mặt đất, chiều dài đới phá hủy dưới mặt đất, biên độ dịch chuyển cực đại, biên độ dịch chuyển trung bình, bề rộng đới phá hủy theo mặt nghiêng của đứt gãy và diện tích phá hủy của 244 trận động đất với độ sâu chấn tiêu nhỏ hơn 40km, xảy ra ở rìa lục địa hoặc ở nội mảng thuộc các khu vực khác nhau trên thế giới, Wells và Coppersmith đã thiết lập các công thức tương quan giữa độ lớn của động đất và các thông số phá hủy của đứt gãy cho các trận động đất có magnitude từ 4,8 đến 8,1 [7]. Với vùng nguồn là đới đứt gãy trượt bằng có thêm hợp phần thuận hoặc nghịch, mối tương quan giữa độ lớn M của động đất (có độ lệch chuẩn δM) và chiều dài đới phá hủy dưới mặt đất do trận động đất ấy gây

ra dọc theo đứt gãy RLD (tính bằng km) được đưa ra như sau:

$$M = 4,38 + 1,49 \log (RLD) + \delta M. \quad (4)$$

Các công thức ứng với các thông số phá hủy khác của đứt gãy (chiều dài đới phá hủy dọc theo đứt gãy trên mặt đất, bề rộng đới phá hủy theo mặt nghiêng của đứt gãy hay diện tích mặt phá hủy của đới đứt gãy) hoặc cho các trường hợp ứng với các cơ cấu nguồn khác cũng được đưa ra chi tiết trong [7]. Giá trị M_{max} của mỗi vùng nguồn có thể xác định được theo các công thức này khi cho các thông số phá hủy trong mỗi vùng nguồn nhận giá trị lớn nhất.

Với ý tưởng tương tự, dựa theo tài liệu động đất của Việt Nam, Nguyễn Đình Xuyên (1996) đã đưa ra công thức đánh giá trực tiếp M_{max} cho các vùng nguồn phát sinh động đất của nước ta như sau:

$$\left\{ \begin{array}{l} M_{max} \approx 2 \lg L(km) + 1,77 \\ M_{max} \approx 4 \lg H(km) + 0,50 \end{array} \right\} \quad (5)$$

ở đây, L là chiều dài đoạn đứt gãy nguyên vẹn, còn H là bề dày tầng sinh chấn. Lưu ý cả hai công thức trong (5) phải đồng thời thỏa mãn.

Sau đây, chúng tôi sẽ sử dụng cả hai phương án do Wells và Coppersmith và Nguyễn Đình Xuyên đề xuất để xem xét, đánh giá M_{max} cho đới đứt gãy ML-BY.

3.2. M_{max} của đới đứt gãy ML-BY

Với trường hợp đới đứt gãy ML-BY, để đánh giá M_{max} trước hết chúng tôi sử dụng công thức (5) do Nguyễn Đình Xuyên thành lập. Như đã trình bày, chiều dài đoạn đứt gãy nguyên vẹn L đã được xác định cho từng phân đoạn. Bề dày tầng sinh chấn H được xác định bằng hiệu số giữa giới hạn độ sâu chấn tiêu h và bề dày tầng trầm tích bên trên móng kết tinh H' (Nguyễn Đình Xuyên và nnk, 1996). Dựa trên phân bố độ sâu của 18 trận động đất đã xảy ra trên đới đứt gãy, chúng tôi xác định được $h = 18$ km [1]. Độ sâu của mặt móng kết tinh ở khu vực nghiên cứu được đánh giá nằm trong khoảng 1 - 6km, chúng tôi lấy giá trị $H' = 2$ km theo [1]. Số gia độ lớn của động đất cực đại cho công thức tính theo L là $\delta M_s = 0,6$, cho công thức tính theo H là $\delta M_s = 0,3$ (Nguyễn Đình Xuyên và nnk, 2001). Kết quả đánh giá theo phương án này nhận được $M_{max} = 5,6$ (bảng 1).

Bảng 1. Kết quả đánh giá động đất cực đại trên đới đứt gãy ML-BY sử dụng công thức của Nguyễn Đình Xuyên

STT	Tên phân đoạn đứt gãy	Chiều dài phân đoạn L (km)	Bề dày tầng sinh chấn H (km)	M_{max} theo L	M_{max} theo H
1	Phân đoạn Tà Gia - Bản Chiến	45,3	16	5,7	5,6
2	Phân đoạn Bản Chiến - Ba Cao Đa	44,2	16	5,7	5,6
3	Phân đoạn Ba Cao Đa - Ba Suối Lúa	45,7	16	5,7	5,6

Tiếp theo chúng tôi sử dụng công thức của Wells và Coppersmith đề xuất để đối sánh với kết quả nhận được trên đây. Như đã trình bày, trong giai đoạn Hiện đại đới đứt gãy ML-BY hoạt động theo cơ chế trượt bằng phải có thêm hợp phần nghịch. Do vậy, công thức (4) được áp dụng ở đây với độ lệch chuẩn $\delta M = \pm 0,26$ [7]. Để xác định chiều dài phá hủy dưới mặt đất do mỗi trận động đất gây ra dọc theo đứt gãy (RLD), chúng tôi chấp nhận quan điểm cho rằng chiều dài chấn tiêu (cũng là chiều dài đới phá hủy dưới mặt

đất) của động đất cực đại trên mỗi đoạn đứt gãy nguyên vẹn không lớn hơn 1/3 chiều dài cả đoạn đứt gãy ấy (Nguyễn Đình Xuyên và nnk, 2004). Vì vậy, chiều dài phá hủy dưới mặt đất dọc theo đứt gãy RLD của động đất cực đại có thể phát sinh trên mỗi đoạn đứt gãy nguyên vẹn ở đới đứt gãy ML-BY được xác định bằng 1/3 chiều dài của cả đoạn đứt gãy và đưa ra trong *bảng 2*. Sử dụng kết quả này, tính toán theo công thức (4) của Wells và Coppersmith nhận được $M_{max} = 6,1 \pm 0,26$ cho đới đứt gãy ML-BY (*bảng 2*).

Bảng 2. Kết quả đánh giá động đất cực đại trên đới đứt gãy ML-BY sử dụng công thức của Wells và Coppersmith

STT	Tên phân đoạn đứt gãy	RLD (km)	Kiểu dịch trượt chủ đạo trong Neogen - Đệ tứ	M_{max}
1	Phân đoạn Tà Gia - Bản Chiến	15,1	TP - N	$6,1 \pm 0,26$
2	Phân đoạn Bản Chiến - Ba Cao Đa	14,7	TP - N	$6,1 \pm 0,26$
3	Phân đoạn Ba Cao Đa - Ba Suối Lúa	15,2	N - TP	$6,1 \pm 0,26$

So sánh các kết quả nhận được trên đây với kết quả $M_{max} = 5,7$ nhận được khi sử dụng phương pháp hàm phân bố cực trị Gumbel 3 (Nguyễn Đình Xuyên và nnk, 2001) thì giá trị M_{max} nhận được từ công thức của Wells và Coppersmith có sự chênh lệch lớn hơn. Nếu so sánh về quy mô kiến tạo và mức độ hoạt động động đất (xem xét bằng phương pháp ngoại suy địa chất), chúng tôi đánh giá đới đứt gãy ML-BY tương đương với đới đứt gãy Sông Đà (đoạn Sơn La - Mai Châu), một vùng nguồn được đánh giá có $M_{max} \leq 5,8$ (Nguyễn Đình Xuyên và nnk, 2001; Nguyễn Ngọc Thủy và nnk, 2005; và [5]). Nghĩa là sử dụng phương pháp ngoại suy địa chất thì M_{max} của đới đứt gãy ML-BY không vượt quá 5,8. Ở khía cạnh khác, như chúng tôi đã đề cập trên đây, mức độ hoạt động động đất trên đới đứt gãy ML-BY là tương đương với vùng Đông Bắc Việt Nam. Trước đây M_{max} cho vùng Đông Bắc Việt Nam đã được ước tính là $6,1 \pm 0,2$ (Nghiên cứu bổ sung và hoàn chỉnh bản đồ phân vùng nhỏ động đất thành phố Hà Nội mở rộng, tỷ lệ 1:25.000, lập cơ sở dữ liệu về đặc trưng dao động nền đất ở Hà Nội ứng với bản đồ trên, Nguyễn Ngọc Thủy và nnk, 2004). Nếu xem tần suất xuất hiện động đất cực đại của đới đứt gãy ML-BY

tương đương với vùng Đông Bắc Việt Nam, dựa theo đồ thị lặp lại động đất xây dựng cho vùng Đông Bắc Việt Nam (xem [6]) và khu vực nghiên cứu (công thức 1), M_{max} của đới đứt gãy ML-BY được xác định là 5,9. Như vậy, giá trị M_{max} của đới đứt gãy ML-BY cho trường hợp cực đoan nhất xác định theo các cách tiếp cận khác nhau dao động từ 5,6 cho tới 6,36. Tổng hợp tất cả các kết quả nhận được, cân nhắc tới tương quan với các kết quả đánh giá M_{max} đã có cho các vùng nguồn sinh chấn khác nhau ở Việt Nam (Nguyễn Đình Xuyên và nnk, 2004), chúng tôi đánh giá M_{max} của đới đứt gãy ML-BY bằng giá trị trung bình của các kết quả nhận được từ các phương pháp riêng lẻ và sai số $\delta M = \pm 0,3$, nghĩa là $M_{max} = 5,9 \pm 0,3$. Dựa theo (1), chu kỳ lặp lại trung bình của động đất như vậy trên đới đứt gãy được ước tính là khoảng 450 năm.

4. Kết luận

Từ các kết quả nhận được trong nghiên cứu này, chúng tôi đi đến một số kết luận sau đây:

Đới đứt gãy ML-BY được xác định là có mặt trượt nghiêng về phía ĐB với góc cắm khoảng 70 - 75°, có nơi tới 80°. Dưới tác động của trường ứng

suất hiện đại, đới đứt gãy ML-BY hoạt động với cơ chế trượt bằng phải - nghịch trên đoạn TB-ĐN và nghịch - trượt bằng phải trên đoạn á vĩ tuyến.

Đới đứt gãy ML-BY hoạt động trong giai đoạn Hiện đại và có khả năng phát sinh động đất. Động đất cực đại có thể phát sinh trên đới đứt gãy ML-BY là $M_{\max} = 5,9 \pm 0,3$. Chu kỳ lặp lại trung bình cho động đất như vậy trên đới đứt gãy là 450 năm. Đây là đới đứt gãy có vai trò đáng kể trong phòng nguy hiểm động đất ở khu vực nghiên cứu.

Trong khuôn khổ bài báo này, chúng tôi chưa có điều kiện để triển khai các quan trắc địa vật lý nhằm đánh giá chính xác về tốc độ dịch trượt của đứt gãy trong giai đoạn Hiện đại cũng như đặc điểm môi trường tích lũy ứng suất, biến dạng của đới đứt gãy. Nếu có được các thông tin này sẽ có thêm cơ sở để đánh giá chính xác hơn M_{\max} của đới đứt gãy ML-BY. Đây sẽ là những vấn đề cần tiếp tục trong những nghiên cứu tiếp theo.

Lời cảm ơn: Tập thể tác giả xin gửi lời cảm ơn sâu sắc tới TS. Vũ Văn Chinh (Viện Địa chất, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam) và các đồng nghiệp phòng Địa chấn, Viện Vật lý Địa cầu đã hỗ trợ và có nhiều ý kiến đóng góp quý báu trong quá trình thực hiện nghiên cứu này. Những nhận xét, góp ý của phản biện là rất hữu ích để bài báo được hoàn thiện hơn, tập thể tác giả xin chân thành cảm ơn.

TÀI LIỆU DẪN

[1] *Bùi Văn Duẩn*, 2012: Nghiên cứu đặc điểm kiến tạo hiện đại và hoạt động động đất của đới đứt gãy Mường La - Bắc Yên, Luận văn Thạc sĩ Khoa học, Đại học KHTN - Đại học QGHN, Hà Nội.

[2] *Gorshkov A.I., Kuznetsov I.V., Panza G.F.*,

Soloviev A.A., 2000: Identification of future earthquake sources in the Carpatho-Balkan orogenic belt using morphostructural criteria, *Pure and Applied Geophysics*, 157, 79-95.

[3] *Hanks T.C., and H. Kanamori*, 1979: A moment-magnitude scale, *J. Geophys. Res.*, 84, 2348-2350.

[4] *Nguyễn Văn Hùng*, 2002: Những đặc điểm cơ bản đứt gãy Tân kiến tạo Tây Bắc, Luận án tiến sĩ Địa chất, Viện Địa chất, Trung tâm KHTN & CN Quốc gia, Hà Nội.

[5] *Nguyễn Hồng Phương*, 1997: Đánh giá động đất cực đại cho các vùng nguồn chấn động ở Việt Nam bằng tổ hợp các phương pháp xác suất, Các công trình nghiên cứu địa chất và địa vật lý biển, Tập III, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 48-65, Hà Nội.

[6] *Nguyễn Đình Xuyên, Phạm Đình Nguyên*, 2010: Một số thành tựu của địa chấn Việt Nam và xu thế phát triển hiện đại, Tuyển tập báo cáo tại Hội nghị Khoa học kỷ niệm 35 năm Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam, ISBN 978-604-913-016-8, 9-20, Hà Nội.

[7] *Wells, D. L. and Coppersmith K. J.*, 1994: New Empirical Relationships among Magnitude, Rupture Length, Rupture Width, Rupture Area, and Surface Displacement, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 84, 974-1002.

[8] *Wheeler, R.L.*, 2009: Methods of M_{\max} Estimation East of the Rocky Mountains, U.S. Geological Survey Open-File Report 2009-1018, 44p.

[9] *Địa chất và Tài nguyên Việt Nam*, 2009: Nxb. Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, Hà Nội.

SUMMARY

The magnitude of the largest possible earthquake in the Muong La - Bac Yen fault zone

This paper presents estimation result of the magnitude of the largest possible earthquake in the Muong La - Bac Yen fault zone, a seismic-source zone located in the Northwest of Vietnam. After investigating and analysing terrain, geomorphology, geological features, satellite and Shuttle Radar Topography Mission images and related earthquake data, several geometric-geodynamic characteristics of the Muong La - Bac Yen fault zone in the Present had been elucidated. The estimation of the magnitude of the largest possible earthquake in the Muong La - Bac Yen fault zone was based on these results. The study finally shows that 1) the Muong La - Bac Yen fault zone has expressed to be an active one in Present and may generate earthquakes in future; 2) the magnitude of the largest possible earthquake in the Muong La - Bac Yen fault zone is $M_{\max} = 5.9 \pm 0.3$, corresponding to an average return period of 450 years.