

ĐẶC ĐIỂM HOẠT ĐỘNG ĐỚI ĐỨT GỠY MƯỜNG LA - BẮC YÊN - CHỢ BỜ TRONG GIAI ĐOẠN HIỆN ĐẠI VÀ MỐI LIÊN QUAN VỚI ĐỘNG ĐẤT KÍCH THÍCH

LÊ VĂN DŨNG¹, VẦN ĐỨC TÙNG², ĐÌNH QUỐC VĂN¹

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

²Viện Địa chất, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

Tóm tắt: Biểu hiện hoạt động hiện đại của đới đứt gãy Mường La - Bắc Yên - Chợ Bờ được phân ánh qua các dấu hiệu viễn thám, địa chất, địa mạo, địa hóa khí và hoạt động nước nóng - nước khoáng. Đặc biệt hoạt động động đất với M khá mạnh (4,0-5,0) trong những năm vừa qua liên quan tới hoạt động hiện đại của đới. Thời gian trước tháng 3/1989 hoạt động động đất ghi nhận được khá rời rạc theo chiều dài của đứt gãy. Sau khi tích nước vào hồ Hòa Bình đến tháng 4/1989, động đất kích thích bắt đầu xảy ra và có xu hướng tập trung ở xung quanh khu vực đập Hòa Bình. Các trận động đất ở xã Nam Phong, khu vực bản Nà Lừa và bản Nà Phai nơi xảy ra động đất Tạ Khoa năm 1991 và động đất Bắc Yên năm 2009 không phải là động đất kích thích. Sau khi tích nước vào hồ Sơn La tháng 5/2010, động đất kích thích có xu thế xảy ra tập trung thành hai dải hẹp. Dải thứ nhất phát sinh ở khu vực Pi Toong, là nơi xảy ra trận động đất vào tháng 7/2014. Dải thứ hai là diện tích xung quanh khu vực đập Sơn La và kéo dài lên phía tây bắc.

I. MỞ ĐẦU

Hệ thống thủy điện bậc thang Sông Đà bao gồm 3 nhà máy lớn là thủy điện Hòa Bình, thủy điện Sơn La, thủy điện Lai Châu. Ngoài ra trong khu vực nghiên cứu còn có thủy điện Bản Chát và Huổi Quảng trên sông Nậm Mu là sông nhánh đổ vào sông Đà. Trên bình đồ kiến tạo hiện đại khu vực Tây Bắc Việt Nam, đới đứt gãy Mường La - Bắc Yên - Chợ Bờ phương TB-ĐN có vai trò kiến tạo phân chia phía bắc và đông bắc là đới nâng dạng địa lũy Hoàng Liên Sơn còn phía nam và tây nam là đới sụt dạng nếp lồi Sông Đà. Đới đứt gãy Mường La - Bắc Yên - Chợ Bờ cách thủy điện Bản Chát khoảng 7 km về phía bắc, cách thủy điện Huổi Quảng khoảng 1,3 km về phía đông bắc, cách thủy điện Sơn La khoảng 3,2 km về phía tây nam và cách thủy điện Hòa Bình khoảng 2,9 km về phía tây bắc (Hình 1). Như vậy, đới đứt gãy này có vị trí hết sức quan trọng đối với hệ thống các đập thủy điện vừa nêu trên vì khoảng cách đến các công trình tương đối

gần và mức độ hoạt động trong giai đoạn Hiện đại cùng với khả năng phát sinh động đất, gây động đất kích thích ảnh hưởng đến các hồ thủy điện.

II. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Trong bài báo này nhằm làm sáng tỏ đặc điểm hoạt động hiện đại của đứt gãy Mường La - Bắc Yên - Chợ Bờ trong mối liên quan với động đất kích thích, các tác giả sử dụng tổ hợp các phương pháp nghiên cứu sau:

1. Nhóm phương pháp viễn thám

- Xác định chính xác phân bố không gian, quan hệ xuyên cắt, đặc điểm hình thái và cấp (bậc) đứt gãy;
- Xác định cơ chế dịch trượt của đứt gãy (đặc biệt là dịch trượt ngang);
- Các biểu hiện hoạt động hiện đại, tính phân đoạn của đứt gãy.

2. Nhóm các phương pháp địa chất - địa mạo

- Các phương pháp địa chất: dựa trên việc biến đổi mang tính dị thường các yếu

tổ địa chất (biến đổi tướng, chiều dày, quan hệ bất chỉnh hợp, hình thái các trũng...) để xác định đứt gãy và những tính chất của chúng.

- Các phương pháp địa mạo: là những phương pháp chủ yếu để nghiên cứu đứt gãy Tân kiến tạo, dựa trên sự biến đổi mang tính dị thường các yếu tố địa mạo (biến dạng các yếu tố địa hình, mạng sông suối, sườn, nón phóng vật, thung lũng sông, bậc thềm, bãi bồi...) để xác định cơ chế hoạt động, biên độ, tốc độ dịch trượt đứt gãy, đánh giá mức độ hoạt động của đứt gãy thông qua các dấu hiệu địa mạo (dấu hiệu gián tiếp) đồng thời cho phép xác định chiều dày lớp ngoại sinh tích cực.

3. Nhóm các phương pháp Vật lý kiến tạo bao gồm nghiên cứu khe nứt kiến tạo (KNKT) và mặt trượt - vết xước (MT-VX)

- Nghiên cứu KNKT để xác định thể nằm mặt trượt của đứt gãy và tái lập trạng thái ứng suất kiến tạo (USKT) tại vết lộ;

- Nghiên cứu MT-VX để xác định cơ chế dịch trượt (kiểu động học) của đứt gãy, tái dựng lại trạng thái USKT và góp phần vào việc tách pha kiến tạo, đặc biệt trong Kainozoi.

4. Phương pháp đo lặp trắc địa bằng công nghệ GPS

Để xác định biên độ, tốc độ dịch trượt ngang và thẳng đứng trong giai đoạn Hiện đại của đứt gãy

5. Các phương pháp địa hóa khí (Rn và Hg)

Nhằm xác định mức độ biểu hiện hoạt động hiện đại của đứt gãy thông qua các giá trị dị thường Rn và Hg.

6. Phương pháp phân tích hình hài kiến trúc

Để xác định cơ chế dịch trượt hiện đại của đứt gãy

7. Các phương pháp phân tích tài liệu động đất

Để xác định cơ chế dịch chuyển, thể nằm đứt gãy, đánh giá mức độ hoạt động hiện đại của đứt gãy, phân chia các đới

đứt gãy có khả năng phát sinh động đất mức độ khác nhau.

III. ĐẶC ĐIỂM HOẠT ĐỘNG CỦA ĐỚI ĐỨT GỖ MƯỜNG LA - BẮC YÊN - CHỢ BỜ TRONG GIAI ĐOẠN HIỆN ĐẠI VÀ MỐI LIÊN QUAN VỚI ĐỘNG ĐẤT KÍCH THÍCH

1. Đặc điểm hoạt động của đới đứt gãy Mường La - Bắc Yên - Chợ Bờ trong giai đoạn Hiện đại

a) Vị trí kiến tạo, phân bố không gian và đặc điểm địa mạo

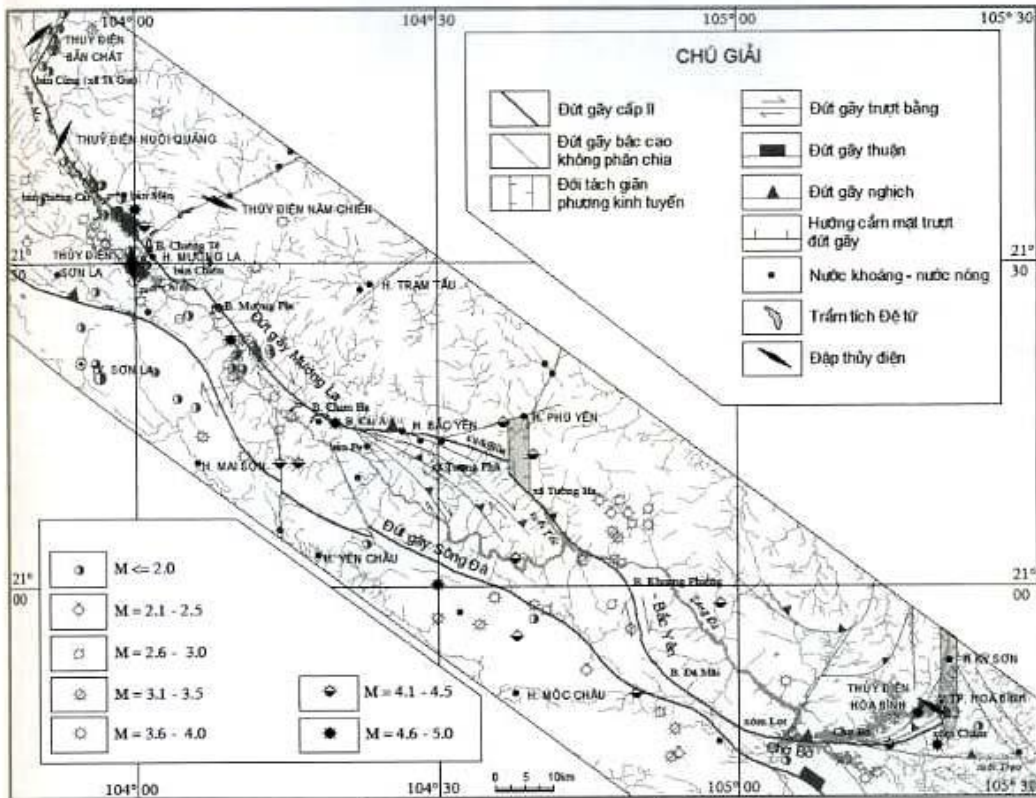
Đứt gãy Mường La - Bắc Yên - Chợ Bờ có phương chung TB-ĐN nhưng nhiều đoạn uốn lượn khá phức tạp. Bắt đầu từ khu vực bản Củng, xã Tà Gia theo phương TB-ĐN đứt gãy chạy trùng với thung lũng sông Nậm Mu, qua bản Phiêng Cại, bản Chiềng Tề, Mường La, sau đó đi qua bản Chiến, bản Mường Pia, bản Chim Hạ, bản Cài A đứt gãy chạy theo phương AVT qua Bắc Yên trùng với thung lũng suối Bùa rồi lại chuyển sang phương TB-ĐN tại khu vực xã Tường Phù, thung lũng suối Tộc, dọc Sông Đà tiếp tục kéo dài qua Bản Khoang Phiêng, bản Đá Mài rồi đến xóm Lọt, sau đó chuyển dần sang phương AVT tạo thành hình cánh cung quay đỉnh lồi về phía đông nam ở khu vực Tp. Hoà Bình và cuối cùng bị đới đứt gãy phương á kinh tuyến Trung Hà - Hoà Bình chặn lại ở khu vực xóm Châm (Hình 1).

Trên bình đồ kiến trúc hiện đại, đứt gãy Mường La - Bắc Yên - Chợ Bờ là đứt gãy mang tính phân đới (cấp II), giữa một bên ĐB là các khối núi cao nguồn gốc núi lửa Tú Lệ (2.000-2.800 m), khối Tu Lý (800-1.400 m) với một bên TN là khối Pu Sam Cap và khối Sông Đà, có địa hình hạ thấp tương đối, với lòng máng Sông Đà bị đào khoét rất sâu và rộng. Chính vì vậy các suối phát triển trên bờ trái Sông Đà đều có trắc diện dọc rất dốc. Đứt gãy thể hiện khá sắc nét trên tư liệu viễn thám và sự phân dị địa hình khác nhau giữa hai cánh. Ngoài đứt gãy chính còn có các đứt gãy phụ có độ dài khác nhau sắp xếp rất phức tạp.

Trên bề mặt Moho chỉ có phần trung tâm và phần TB của đứt gãy thể hiện khá rõ, trong khi đó trên mặt Conrad và móng kết tinh toàn đới đứt gãy thể hiện khá sắc nét. Kết quả đối sánh cho thấy đây là đứt gãy xuyên vỏ và đóng vai trò ranh giới

phân chia 02 đới kiến trúc Tân kiến tạo Hoàng Liên Sơn và Sông Đà.

Trong diện tích nghiên cứu, dựa vào các đặc điểm địa mạo đới đứt gãy Mường La - Bắc Yên - Chợ Bờ có thể chia thành các đoạn sau:



Hình 1. Sơ đồ vị trí đứt gãy Mường La - Bắc Yên - Chợ Bờ.

- Đoạn đứt gãy từ bản Củng - bản Chiến có phương kéo dài TB-ĐN có địa hình núi thấp rộng 4-5 km, trùng vào thung lũng sông Nậm Mu, với chiều dài gần 44 km, gồm các đỉnh có độ cao dưới 800 m, nằm giữa các dãy núi có một số đỉnh cao hơn 2.000 m thuộc phía phần nam của dãy Phan Si Pan ở phía đông và dải núi cao khoảng 1.200-1.800 m ở phía nam dãy Pu Sam Cap nằm về phía tây.

- Đoạn đứt gãy có phương TB-ĐN từ bản Chiến - bản Cái A chuyển dần sang phương á vĩ tuyến ở cuối đoạn. Về phía ĐB đoạn đứt gãy nằm trùng với dải địa hình gồm các thung lũng nối tiếp nhau

qua các yên ngựa, rộng 2-3 km, có chiều dài khoảng 42 km men theo bờ trái sông Đà. Phía TN là trũng Sông Đà với dải địa hình dạng đồi núi thấp (500-1.000 m).

- Đoạn đứt gãy từ bản Cái A đến Tường Phù có phương á vĩ tuyến bám theo rìa phía nam khối núi cao được hình thành từ các thành tạo núi lửa (khối Tú Lệ) có chiều dài khoảng 30 km. Các đỉnh núi cao ở phía bắc có độ cao nghiêng dần về phía nam. Chênh lệch độ cao giữa hai bên cánh đứt gãy (phía bắc là các núi có các đỉnh cao 1.500-2.000 m, phía nam các đỉnh núi có độ cao gần 1.200 m) ở đoạn

này đạt tới trên 500 m. Khu vực Phù Yên có địa hình hạ thấp đáng kể và là nơi gặp nhau của các đứt gãy có ba phương á vĩ tuyến, á kinh tuyến và TB-ĐN.

- Đoạn đứt gãy Tường Phù - xóm Lọt có hình dạng uốn lượn chủ yếu là các thung lũng, dải địa hình hẹp 1-2 km, xen giữa là các đỉnh núi cao hơn 1.000 m, có chiều dài gần 65 km.

- Đoạn đứt gãy xóm Lọt - xóm Chăm có phương á vĩ tuyến, là dải thung lũng giữa núi thấp, hẹp nằm trùng với lòng hồ Hòa Bình dài khoảng 34 km.

b) Đặc điểm hình động học đứt gãy (đặc điểm phá hủy và thể nằm mặt trượt đứt gãy, cơ chế dịch chuyển)

Từ khu vực bản Củng (xã Tà Gia) đến bản Chiến, đứt gãy cắt qua các đá núi lửa của hệ tầng Tú Lệ với thành phần cát bột kết tuf, ryodacit, trachyryolit, trachyt, felsic; hệ tầng Suối Bé có thành phần cuội kết tuf, cát kết, sạn kết xen ít basalt, plagiobasalt, andesitobasalt, trachytobasalt, tuf agglomerat, đá phiến tuf; hệ tầng Mường Trai là cát kết, bột kết, bột kết vôi, sét kết xen ít tuf, đá vôi, sét vôi, đá phiến sét và hệ tầng Suối Bàng thành phần cuội kết, sạn kết, cát kết, đá phiến sét, than, đá vôi [18].

Từ bản Chiến đến bản Cải A đứt gãy cắt qua các thành tạo của hệ tầng Đa Niêng chủ yếu là đá vôi phân lớp trung bình đến dày, màu xám đen xen lớp mỏng đá silic; thành tạo phun trào hệ tầng Viên Nam: basalt, basalt porphy, basalt olivin, tuf; hệ tầng Suối Bé và phức hệ Phu Sa Phìn gồm syenit, granosyenit [19].

Từ khu vực bản Cải A đến xã Tường Phù đứt gãy cắt qua hệ tầng Đa Niêng; hệ tầng Viên Nam và hệ tầng Suối Bé.

Khu vực từ xã Tường Phù đến xóm Lọt đứt gãy cắt qua các thành tạo hệ tầng Bản Páp gồm đá vôi xám, đá vôi sét, đá phiến

sét vôi; hệ tầng Bắc Sơn gồm đá vôi màu xám sáng, dạng khối, đá vôi xám đen phân lớp; hệ tầng Viên Nam, hệ tầng Tân Lạc gồm bột kết, cát kết có cuội, đá phiến sét vôi màu xám, nâu đỏ xen ít cát kết tuf, bột kết tuf, đá vôi vón cục; hệ tầng Đồng Giao, hệ tầng Suối Bàng gồm đá vôi phân lớp mỏng đến dày.

Đoạn xóm Lọt - xóm Chăm đứt gãy cắt qua các thành tạo hệ tầng Bản Nguồn gồm cát kết dạng quazit, đá phiến sét, bột kết, đá vôi, sét vôi; hệ tầng Bản Páp; phức hệ Ba Vì gồm gabro, dolerit (diabas), lherzolit (peridotit); hệ tầng Viên Nam; hệ tầng Đồng Giao và hệ tầng Sông Bôi gồm cuội kết cơ sở, cát kết, bột kết, đá phiến sét [19].

Ngoài ra dọc theo chiều dài của đới đứt gãy còn phát triển các trầm tích Đệ tứ nằm trong các trũng hẹp theo phương TB-ĐN trong đới đứt gãy ở khu vực bản Phiêng Cại, Pi Toong, Mường La, bản Mường Pia, bản Chim Hạ...

Thể nằm mặt trượt theo chiều dài của đới đứt gãy khác nhau và biến đổi theo từng đoạn. Theo kết quả khảo sát thực địa cũng như kết quả phân tích bằng phương pháp khe nứt kiến tạo và mặt trượt - vết xước, thể nằm mặt trượt của đới đứt gãy đoạn từ khu vực bản Củng đến bản Cải A cắm khá dốc về phía đông bắc $30-50^\circ \angle 60-70^\circ$ (Hình 1, Ảnh 1, 2).

Đoạn đứt gãy phương á vĩ tuyến từ bản Cải A - Tường Phù có thể nằm dốc đứng cắm về phía bắc $350-15^\circ \angle 70-80^\circ$ (Hình 1, Ảnh 1, 2).

Khu vực từ Tường Phù đến xóm Lọt, đoạn đứt gãy này có đường phương uốn lượn, thể nằm chủ yếu của mặt đứt gãy nhìn chung vẫn cắm về phía đông bắc $40-65^\circ \angle 75-80^\circ$ (Hình 1, Ảnh 1, 2).

Đoạn đứt gãy còn lại từ xóm Lọt đến xóm Chăm có phương vĩ tuyến có thể nằm cắm dốc đứng về phía bắc $340-10^\circ \angle 75-80^\circ$ (Hình 1, Ảnh 1, 2).



Ảnh 1. Đá phun trào basalt bị ép phiến mạnh, các mạch thạch anh xuyên theo ép phiến nơi đứt gãy Mường La Bắc Yên Chợ Bờ cắt qua (VLSDD48).



Ảnh 2. Đới dập vỡ kèm các mạch thạch anh phản ánh mặt đứt gãy Mường La - Bắc Yên - Chợ Bờ ở cửa suối Nậm Chiến, xã Chiềng San (VL SĐ33).

Các thành tạo địa chất vừa nêu ở trên bị biến dạng mạnh mẽ như siết ép, vỡ nhàu và cà nát, dập vỡ dạng dăm, mùn kiến tạo ở nhiều nơi trên dọc theo chiều dài của đới đứt gãy (Ảnh 1, 2, 3, 4). Dọc

theo đứt gãy còn quan sát thấy ở nhiều vị trí có một số mạch thạch anh xuyên theo hệ thống khe nứt trùng mặt đứt gãy và sau đó tiếp tục bị cà nát dập vỡ mạnh.



Ảnh 3. Đá phun trào bazơ hệ tầng Suối Bè (P₃ sb) trong đới đứt gãy Mường La - Bắc Yên - Chợ Bờ bị siết ép, ép phiến thành mylonit (Vết lộ SĐ02. Bắc Yên).



Ảnh 4. Mặt trượt lớn có thể nằm cắt dốc đứng về phía bắc trùng với vách sườn phía nam thung lũng suối Đen ở gần tượng đài Cù Chính Lan (vết lộ 8hs).

Trong Kainozoi muộn đới đứt gãy hoạt động với cơ chế trượt bằng phải trên những đoạn có phương TB-ĐN, còn những đoạn có phương á vĩ tuyến dịch chuyển với cơ chế nghịch.

Trên khu vực đoạn thứ nhất, dịch trượt các mạch thạch anh theo cơ chế trượt phải khi các mặt trượt cắt qua chúng với các biên độ khác nhau từ vài centimét đến 25-30 cm theo từng mặt trượt biểu hiện khá

rõ tại các vết lộ SĐ20, SĐ20a, SĐ21 (khu vực Bàn Tim) và 138, 139 (khu vực bắc Chiềng Tè) (Ảnh 5, 6), các vết lộ khác ở đông bắc Hua Là.

Cơ chế dịch trượt phải dịch chuyển các mạch thạch anh (Mẫu Mla 16, SĐ16) hay mạch calcit (Mẫu Mla33, SĐ33) trong giai đoạn Hiện đại cũng được chứng minh bằng các kết quả phân tích mẫu thạch học định hướng dưới kính hiển vi.



Ảnh 5. Một trượt trong đới đứt gãy Mường La - Bắc Yên - Chợ Bờ có thể nằm 40/70° làm xô dịch mạch thạch anh phản ánh cơ chế trượt bằng phải với biên độ 60 cm trong các thành tạo phun trào Tú Lệ, khu vực Hua Nà (Ảnh: Trần Văn Thắng - phương chụp từ trên xuống).



Ảnh 6. Một trượt trùng với mặt đứt gãy Mường La - Bắc Yên - Chợ Bờ có thể nằm 35/60° cắt phá các thành tạo trầm tích phun trào hệ tầng Tú Lệ và làm xô dịch mạch thạch anh theo kiểu trượt bằng phải với biên độ khoảng 15 cm. VL 138 tại khe suối phía Bắc Chiềng Tề (Ảnh: Trần Văn Thắng - phương chụp từ trên xuống).

Ngoài ra, cơ chế dịch trượt còn được thể hiện qua sự dịch chuyển phải có hệ thống các sông suối cắt vuông góc hoặc gần vuông góc nơi đứt gãy chạy qua như khu vực bản Nhạp và khu vực suối Tím.

Trên đoạn hai từ bản Chiến đến bản Cái A, đứt gãy dịch chuyển theo cơ chế trượt bằng phải trên mặt trượt tại vết lộ SĐ30 (Ảnh 7). Cơ chế dịch chuyển phải còn được biểu hiện trên các cơ cấu chấn tiêu của các trận động đất Tạ Khoa ngày 06/10/1991 với $M_s = 4,9$ độ Richter [25, 26], động đất Bắc Yên $M_s = 4,0$ độ Richter ngày 26/11/2009 và 02 dư chấn.

Khu vực từ bản Cái A đến xã Tường Phù, đứt gãy có cơ chế dịch trượt nghịch với vết xước thẳng đứng (Ảnh 8) và sinh kèm cấu trúc kiểu cảnh thông hoặc đuôi ngựa (Hình 1).

Đoạn đứt gãy cong xóm Lọt - xóm Chấm hoạt động theo cơ chế nghịch thể hiện khá rõ qua cấu tạo dạng cung và qua các mặt đứt gãy cùng hệ bậc cao. Trên các vách đá vôi ở Bình Thanh có thể quan sát thấy rõ các mặt trượt lớn phương á vĩ

tuyến với vết xước kiến tạo thể hiện chuyển động nghịch (Ảnh 4).

c) Biểu hiện hoạt động của đứt gãy trong giai đoạn Hiện đại (hoạt động động đất, dị thường địa hóa khí...)

Biểu hiện hoạt động hiện đại của đứt gãy khá rõ qua các dấu hiệu viễn thám, địa chất, địa mạo, địa hóa khí và hoạt động nước nóng - nước khoáng. Đặc biệt hoạt động động đất với M_s không lớn (4,0-5,0) trong những năm vừa qua liên quan tới hoạt động hiện đại của đới.

Các trung Độ tứ phát triển theo đường phương trong đới đứt gãy ở khu vực bản Phiêng Cại, Pi Toong, Mường La, bản Mường Pia, bản Chim Hạ... phản ánh biểu hiện hoạt động Hiện đại (Hình 1).

Dị thường địa hóa khí, đặc biệt là dị thường Rn liên quan đến đứt gãy Mường La - Bắc Yên - Chợ Bờ đạt giá trị cao (124.489 Bq/m³) trên đoạn thứ nhất, trong khi ở khu vực Pa Vinh - Tạ Bú các dị thường khác nằm trong khoảng 30.000-50.000 Bq/m³, giá trị phong khu vực là 5.000 Bq/m³ [21].



Ảnh 7. Mặt trượt chứa vết xước kiến tạo gần nằm ngang phản ánh cơ chế dịch phải tại VL SĐ30 trong đới đứt gãy Mường La - Bắc Yên - Chợ Bờ.



Ảnh 8. Mặt trượt chứa vết xước kiến tạo thẳng đứng phản ánh cơ chế nghịch tại khu vực Bắc Yên trong đới đứt gãy Mường La - Bắc Yên - Chợ Bờ.

Trên đoạn thứ năm, dị thường R_n từ chân dốc Cun đi lên núi có trạm VIBA có dị thường radon rõ hơn cả được phát hiện đạt giá trị $37535,91 \text{ Bq/m}^3$, tức là xếp vào mức dị thường trung bình, còn lại gặp một số dị thường yếu [6]. Theo đánh giá của Nguyễn Văn Phổ [6] đoạn đứt gãy này đang hoạt động ở mức trung bình.

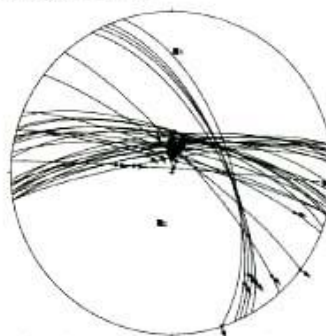
Đoạn thứ nhất của đới đứt gãy xuất lộ 02 điểm nước khoáng - nước nóng ở khu vực bản Mện và bản Chiêng Tề. Trên đoạn thứ hai xuất lộ ở Bản Mường Pịa và nam Bản Chim Hạ. Đoạn thứ ba xuất lộ 03 điểm ở khu vực bản Pe và 02 điểm phía đông nam huyện Bắc Yên. Trên đoạn thứ tư chỉ xuất lộ 01 điểm duy nhất ở phía nam xã Tường Hạ. Còn đoạn thứ năm không có điểm xuất lộ nước khoáng - nước nóng.

Phân tích các yếu tố địa mạo bị biến dạng dọc đới đứt gãy cho thấy pha trượt bằng phải còn để lại dấu ấn rõ nét nhất tại các thung lũng suối và các đường chia nước.

Theo kết quả nghiên cứu Nguyễn Văn Hùng [4], nếu cho rằng chỉ mới xảy ra trong Đệ tứ thì tốc độ sẽ là $0,375-1,875 \text{ mm/năm}$. Đây là các số liệu tính toán như vậy còn sơ lược, nhưng cũng đã cung cấp những kết quả mang tính định lượng về vận tốc dịch chuyển của pha kiến tạo Hiện đại [4].

Kết quả đo GPS trên lưới Pa Vinh của Trần Đình Tô [16] đã xác định được tốc độ dịch chuyển phải của đứt gãy Mường La - Bắc Yên - Chợ Bờ trong khoảng từ $1-2 \text{ mm/năm}$ cũng tương đồng với kết quả tính toán trên.

Kết quả tái dựng trường ứng suất kiến tạo hiện tại trên cơ sở mặt trượt chứa vết xước cho thấy trục nén ép định hướng theo phương á kinh tuyến, trục tách giãn định hướng theo phương á vĩ tuyến (Hình 2) hoàn toàn tương đồng với kết quả nghiên cứu của Nguyễn Trọng Yên [24], Nguyễn Văn Hùng [4], Lê Tử Sơn [25, 26], Nguyễn Ngọc Thủy [14-16], Trần Văn Thắng [9-13]...



Hình 2. Biểu đồ trường ứng suất kiến tạo Hiện đại.

- 1 Trục ứng suất nén ép cực đại
- 2 Trục ứng suất trung gian
- 3 Trục ứng suất tách giãn cực đại

2. Mối liên quan với động đất kích thích

a) Hoạt động động đất

Danh mục động đất sử dụng trong bài báo này được tập hợp chủ yếu từ các công trình nghiên cứu [14-17, 25, 26] đã được chỉnh lý, xử lý lại các tham số động đất vì vậy có độ tin cậy cao. Trong đó, vòng tròn màu xanh và da cam (Hình 3) là các chấn tâm động đất ghi được đồng thời bởi 4 trạm địa chấn trở lên, trong thời gian từ năm 1989 đến năm 2014. Chấn tâm màu đen là các số liệu điều tra động đất và ghi được từ 3 trạm trở xuống, trong thời kỳ từ năm 1903 đến năm 1988 (Hình 3).

Mạng trạm địa chấn của đề tài “Nghiên cứu dự báo động đất kích thích vùng hồ thủy điện Sơn La”, Mã số ĐTDL.2009T/09 [26] cùng với mạng trạm Quốc gia ở khu vực Tây Bắc có khả năng ghi được động đất có độ lớn $M \geq 2,0$ tại thủy điện Sơn La và lân cận với độ tin cậy trong bán kính 2 km (Hình 3).

Đập thủy điện Hòa Bình được xây dựng đầu tiên trên sông Đà, sau khi tích nước hồ chứa lên cao trình 86 m thì số lượng các trận động đất yếu bắt đầu tăng lên. Ngày 14/4/1989 đã xảy ra liên tiếp 02 trận động đất có độ lớn $M = 3,8$ và $M = 3,7$. Vào lúc 6h30' ngày 23/5/1989 đã xảy ra trận động mạnh có độ lớn $M = 4,9$, ở độ sâu $h = 6$ km nằm trong vùng chấn tâm từ Bình Thanh đến Tp. Hòa Bình trên đứt gãy Mường La - Bắc Yên - Chợ Bờ (Hình 3). Đã có rất nhiều dư chấn xảy ra sau đó, trong đó lớn nhất là động đất ngày 27/5/1989 có độ lớn $M = 4,0$ với độ sâu chấn tiêu $h = 5$ km gần Tp. Hòa Bình. Hoạt động địa chấn ở xung quanh khu vực hồ chứa giảm dần và yên tĩnh trở lại vào tháng 9/1989 [14-17, 22, 23].

Khi hồ Hòa Bình tích nước đạt đến cao trình 90 m vào tháng 1/1990, hoạt động động đất trong khu vực nghiên cứu lại tăng lên. Số lượng các trận động đất yếu ghi được có độ lớn $M < 1$ có tần suất xuất hiện nhiều hơn nhưng số lượng trận động

đất có độ lớn $M > 1$ lại xảy ra ít hơn so với năm 1989.

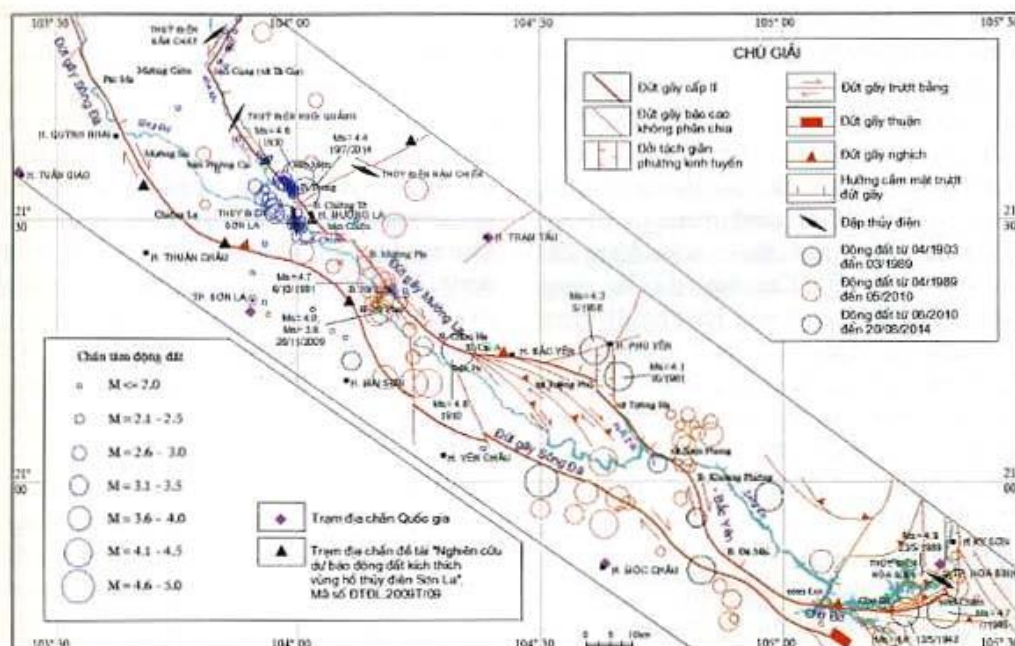
Từ năm 1992 trở đi, số lượng các trận động đất yếu bắt đầu giảm đi trong khi hồ chứa tích nước đến mực cao nhất (xem lại tài liệu thủy văn nhé). Trong những năm tiếp theo từ năm 1993-1995 ít quan sát thấy hiện tượng động đất xảy ra xung quanh khu vực đập Hòa Bình.

Vào ngày 6/10/1991 đã xảy ra 1 trận động đất với độ lớn $M = 4,9$ ở độ sâu 7 km được ghi trong văn liệu là động đất Tạ Khoa [25] trên vị trí phân bố của đứt gãy Mường La - Bắc Yên - Chợ Bờ. Sau khi kích động chính xảy ra, còn ghi nhận được một số dư chấn nhỏ trong đó có trận động đất với độ lớn $M = 4,4$ ở độ sâu 11 km [25].

Ngày 26/11/2009 đã xảy ra 2 trận động đất có độ lớn $M = 4,7$ và $4,3$ ở độ sâu 15 km (theo Cao Đình Triều [20]) và $M = 4,0$ ở độ sâu 4 km, $M = 3,6$ ở độ sâu 9 km [26] (Hình 3).

Đập thủy điện Sơn La là đập thứ 2 xây trên hệ thống sông Đà tại xã Ít Ong, huyện Mường La, tỉnh Sơn La. Trước khi hồ bắt đầu tích nước vào tháng 6/2010, cao độ mực nước trong hồ chứa là 125,27 m, trên đứt gãy Mường La - Bắc Yên - Chợ Bờ ghi nhận được các trận động đất có độ lớn $M = 4,9$ tại Tạ Khoa và $M = 4,0$ tại Bắc Yên trong các năm 1991, 2009 cùng với dư chấn của chúng. Theo điều tra của Nguyễn Khắc Mão, trong lịch sử ở khu vực này đã từng xảy ra một trận động đất có độ lớn $M = 4,5$ xảy ra năm 1930 cách đập thủy điện Sơn La 9 km về phía Bắc [26].

Trong khu vực hồ thủy điện Sơn La, động đất nhỏ có mật độ tăng hơn nhiều so với trước khi tích nước vào tháng 6/2010-trước thời gian này không quan sát thấy và tập trung ở một số vùng như xung quanh đập thủy điện Sơn La, vùng Pi Toong và Bắc Yên [26].



Hình 3. Sơ đồ phân bố chấn tâm động đất dọc đứt gãy Mường La - Bắc Yên - Chợ Bờ từ năm 1903 đến năm 2014.

Ngày 19/7/2014 đã ghi nhận được trận động đất có độ lớn $M = 4,4$ có chấn tâm tại khu vực Pi Toong trên đứt gãy Mường La - Bắc Yên - Chợ Bờ gần nơi giao nhau với đứt gãy bậc cao phương DB-TN. Theo phản ánh của người dân địa phương, trận động đất này phát ra tiếng nổ và gây rung lắc mạnh các công trình xây dựng ở khu vực thị trấn Ít Ong, huyện Mường La, tỉnh Sơn La.

b) Mối liên quan với động đất kích thích

Trên Hình 3 ta thấy rằng các trận động đất xảy ra trước tháng 3/1989 (trước khi tích nước hồ chứa thủy điện Hòa Bình) ở khu vực dọc đứt gãy Mường La - Bắc Yên - Chợ Bờ phân bố chủ yếu ở các khu vực được mô tả dưới đây. Các trận động đất này là các số liệu chủ yếu điều tra trong nhân dân nên có độ tin cậy về thời gian, vị trí, số lượng và cường độ chấn động không cao. Khu vực thứ nhất từ Chợ Bờ đến xóm Chăm đã ghi nhận được 02 trận động đất: trận thứ nhất xảy ra năm 1942 có độ lớn $M = 4,4$, trận thứ hai năm 1945 với độ lớn $M = 4,7$ có vị trí chấn tâm

đều nằm trên phạm vi phân bố của đứt gãy Mường La - Bắc Yên - Chợ Bờ.

Khu vực thứ hai xung quanh huyện Phù Yên cũng đã xảy ra 02 trận động đất: trận thứ nhất vào năm 1958 có độ lớn $M = 4,3$, trận thứ hai năm 1961 với $M = 4,1$.

Trận động đất ghi được vào năm 1910 có độ lớn $M = 4,8$ gần bản Cài A là khu vực thứ ba.

Trận động đất xảy ra ở khu vực Pi Toong vào năm 1930 có độ lớn $M = 4,6$ là khu vực thứ tư.

Trong khoảng thời gian từ tháng 4/1989 (sau tích nước hồ Hòa Bình) đến tháng 5/2010 (trước tích nước hồ Sơn La) hoạt động động đất ở khu vực hồ thủy điện Hòa Bình và hồ thủy điện Sơn La có xu thế tập trung ở 3 vị trí: Khu vực thứ nhất xung quanh đập thủy điện Hòa Bình, nơi giao giữa 2 hệ thống đứt gãy phương TB-ĐN chuyển sang á vĩ tuyến là đứt gãy Mường La - Bắc Yên - Chợ Bờ ở khu vực Chợ Bờ - Hòa Bình và đứt gãy phương kinh tuyến Trung Hà - Hòa Bình, là vùng phát sinh trận động đất kích thích khá

manh, trong đó phải kể đến trận động đất có độ lớn $M=4,9$ ngày 23/5/1989 và các dư chấn của nó [3, 9, 14-17, 22]. Theo quan sát thì đây là trận động đất lớn nhất ở khu vực hồ thủy điện Hòa Bình sau thời điểm bắt đầu tích nước vào tháng 4/1989; Khu vực thứ hai là xung quanh xã Nam Phong tập trung khá nhiều trận động đất có độ lớn $M<4,0$; Khu vực thứ ba xung quanh bản Nà Lừa và bản Nà Phai là vùng phát sinh các động đất Tạ Khoa $M=4,9$ năm 1991 [25] và động đất Bắc Yên $M=4,0$ năm 2009 [20, 26] thể hiện hoạt động của đoạn 2 của đứt gãy Mường La - Bắc Yên - Chợ Bờ, là nơi tập trung nhiều trận động đất (Hình 3).

Hai khu vực phân bố các trận động đất vừa nêu trên, mặc dù nằm trong vùng hồ thủy điện Hòa Bình nhưng phân bố chấn tâm của chúng nằm khá xa khu vực đập và cũng chưa có nghiên cứu nào khẳng định đó là các trận động đất kích thích liên quan đến hoạt động hồ chứa thủy điện Hòa Bình [2, 3, 7, 8, 16, 17, 26].

Từ tháng 6/2010 đến tháng 8/2014, các trận động đất nhỏ tập trung thành một dải hẹp nằm trong khu vực Pi Toong nơi đứt gãy Mường La - Bắc Yên - Chợ Bờ cắt qua (Hình 3).

Vùng tập trung động đất thứ hai là khu vực đập thủy điện Sơn La. Tại đây, động đất tập trung trong một diện tích với bán kính khoảng 3km kể từ đập thủy điện và kéo dài về phía tây bắc nơi sông Nậm Mu đổ vào sông Đà. Hai khu vực trên phản ánh sự hoạt động của đứt gãy Mường La - Bắc Yên - Chợ Bờ tại lân cận khu vực đập thủy điện Sơn La.

Các trận động đất xảy ra ở khu vực Pi Toong và xung quanh đập thủy điện Sơn La sau tích nước có thể gọi là động đất kích thích vì chúng có các yếu tố sau [2, 3, 7, 8]: Các trận động đất này có phân bố chấn tâm nằm trong vòng bán kính khoảng 15 km xung quanh đập thủy điện Sơn La là nơi sâu nhất của hồ chứa với cột nước cao 125 m; Hoạt động địa chấn chủ yếu là các trận động đất yếu với độ

lớn $M \leq 3$, có chấn tiêu nông, độ sâu chấn tiêu tập trung trong khoảng 4-6 km, một số trận chấn tiêu còn nông hơn và có tiếng nổ; Hoạt động động đất ở khu vực này có xu hướng tăng lên về tần suất so với thời kỳ trước khi hồ thủy điện Sơn La tích nước vào tháng 6/2010 [26]; Đứt gãy Mường La - Bắc Yên - Chợ Bờ đang hoạt động [1, 4, 5, 16, 23, 25, 26] và có liên thông trực tiếp với hồ chứa ở khu vực bản Phiêng Cại trùng vào sông Nậm Mu [26]; Nằm trong vùng dự báo phát sinh động đất kích thích của đề tài Mã số ĐTĐL.2009T/09 [26].

3. Thảo luận

Việc nghiên cứu đứt gãy hoạt động được biểu hiện qua hoạt động động đất đã được nghiên cứu khá lâu trên thế giới, còn đối với Việt Nam chỉ khoảng 50 năm trở lại đây. Nghiên cứu động đất kích thích ở Việt Nam mới bắt đầu vào những năm 1990 của thế kỷ trước tại khu vực đập thủy điện Hòa Bình. Gần đây nhất là hiện tượng động đất kích thích xảy ra ở thủy điện Sông Tranh trên địa bàn tỉnh Quảng Nam cũng đã được nghiên cứu. Đối với hoạt động động đất trên hệ thống bậc thang thủy điện Sông Đà liên quan với hoạt động hiện đại của đới đứt gãy Mường La - Bắc Yên - Chợ Bờ được chia ra làm 3 giai đoạn khác nhau. Giai đoạn trước tháng 4/1989, hoạt động động đất xảy ra thưa thớt và rời rạc, chủ yếu là các số liệu điều tra động đất trong nhân dân, các số liệu ghi bằng máy rất ít hoặc không có. Giai đoạn từ tháng 4/1989 đến tháng 5/2010, hệ thống mạng trạm đã được xây dựng mới nhiều hơn nên số liệu ghi động đất đầy đủ hơn đã giúp ích rất nhiều trong nghiên cứu. Trong thời gian này xung quanh bản Nà Lừa và bản Nà Phai đã xảy ra các động đất Tạ Khoa có độ lớn $M=4,9$ ngày 6/10/1991 [25] và động đất Bắc Yên $M=4,0$ ngày 26/11/2009 [20, 26] thể hiện hoạt động của đứt gãy Mường La - Bắc Yên - Chợ Bờ (Hình 3). Các trận động đất vừa nêu trên xảy ra sau khi tích nước vào hồ Hòa

Bình cách đập Hòa Bình khoảng 136 km, và trước khi tích nước vào hồ Sơn La cách đập Sơn La khoảng 26 km. Theo nghiên cứu của Gupta H.K. [2, 3] và Talwani P. [7, 8] động đất kích thích xảy ra xung quanh đập với bán kính khoảng 25 km, vì các trận động đất này cách đập Hòa Bình rất xa nên chưa đủ cơ sở xác định chúng là động đất kích thích. Vị trí của trận động đất Bắc Yên có độ lớn $M=4,0$ ngày 26/11/2009 cách đới đứt gãy Mường La - Bắc Yên - Chợ Bờ khoảng 5 km về phía đông bắc. Có một vướng mắc ở đây là vị trí của đới đứt gãy đã chính xác chưa hay có sự sai số trong việc định vị chấn tâm động đất liên quan đến mạng trạm với số lượng máy chưa đầy đủ và được bố trí chưa phù hợp. Vấn đề này cần phải có những nghiên cứu sâu hơn nữa để tìm ra câu trả lời thỏa đáng và gợi mở cho các hướng nghiên cứu tiếp theo.

IV. KẾT LUẬN

Từ các kết quả nghiên cứu vừa nêu trên có thể rút ra một số kết luận sau:

- Đứt gãy Mường La - Bắc Yên - Chợ Bờ có chiều dài khoảng 220 km phương TB-ĐN với thể nằm cắm khá dốc về phía B-ĐB, dịch chuyển với cơ chế trượt bằng phải đối với những đoạn phương TB-ĐN và nghịch đối với những đoạn phương vĩ tuyến. Trong giai đoạn Hiện đại đứt gãy này có biểu hiện hoạt động qua các dấu hiệu các trũng Đệ tứ phát triển theo đường phương trong đới đứt gãy, dị thường địa hóa khí, các điểm xuất lộ nước khoáng - nước nóng, các yếu tố địa mạo bị biến dạng dọc đới đứt gãy tại các thung lũng suối và các đường chia nước, kết quả đo GPS năm 2004 và đặc biệt là hoạt động động đất với độ lớn (magnitude) khá mạnh ($M=4,0-5,0$) trong những năm vừa qua.

- Chuỗi số liệu động đất đã cho thấy rất rõ 03 khoảng thời gian với mức độ hoạt động động đất khác nhau. Trước tháng

4/1989, các trận động đất phát sinh rời rạc và thưa thớt dọc theo chiều dài đứt gãy Mường La - Bắc Yên - Chợ Bờ. Sau khi hồ Hòa Bình được tích nước, động đất kích thích đã xảy ra. Đỉnh điểm của hoạt động động đất kích thích ở khu vực này là trận động đất ngày 23/5/1989 với $M=4,9$ và rất nhiều dư chấn kèm theo, chúng có phân bố chấn tâm từ Bình Thanh đến Tp. Hòa Bình. Khu vực bản Nà Lừa và bản Nà Phai là vùng phát sinh các trận động đất Tạ Khoa $M=4,9$ năm 1991, động đất Bắc Yên $M=4,0$ năm 2009 và ghi nhận nhiều trận động đất khác. Vì chưa đủ cơ sở xác định nên không xếp chúng là động đất kích thích.

Động đất kích thích xảy ra sau khi đập Sơn La bắt đầu tích nước từ tháng 6/2010 và tập trung thành 02 dải. Dải thứ nhất nằm trong khu vực Pi Toong nơi đứt gãy Mường La - Bắc Yên - Chợ Bờ cắt qua. Dải thứ hai xảy ra trong một diện tích với bán kính khoảng 3 km kể từ đập thủy điện và kéo dài về phía tây bắc nơi sông Nậm Mu đổ vào sông Đà.

Lời cảm ơn: Đây là một phần sản phẩm của Đề tài Khoa học Công nghệ cấp Quốc gia, mã số ĐTĐLCN.27/15. Tập thể tác giả xin chân thành cảm ơn sâu sắc Bộ Khoa học và Công nghệ đã cấp kinh phí thực hiện nhiệm vụ nghiên cứu này.

VĂN LIỆU

1. **Bùi Văn Duẩn, Nguyễn Công Thăng, Nguyễn Văn Vượng, Phạm Đình Nguyên, 2013.** Về độ lớn của động đất cực đại trên đới đứt gãy Mường La - Bắc Yên. *TC Các Khoa học về Trái đất*, T35/1:53-59. Hà Nội.
2. **Gupta H.K., 1992.** Reservoir-Induced Earthquakes. Elsevier, Amsterdam, p. 364.
3. **Gupta H.K., 2002.** A review of recent studies of triggered earthquakes by artificial water reservoirs with special emphasis on earthquakes in Koyna, India.

Earth-Science Reviews, vol 58, pp. 279-310.

4. **Nguyễn Văn Hùng, 2002.** Những đặc điểm cơ bản đứt gãy Tân kiến tạo Tây Bắc. *Luận án Tiến sỹ Địa chất. Lưu trữ Viện Địa chất. Hà Nội.*

5. **Nguyễn Văn Phổ, 1999.** Báo cáo kết quả nghiên cứu bổ sung về hoạt động hiện đại của các đứt gãy vùng tuyến đập Pa Vinh - Tạ Bú công trình thủy điện Sơn La. *Lưu trữ Viện Địa chất. Hà Nội.*

6. **Nguyễn Văn Phổ và nnk, 2007.** Xác định các đứt gãy đang hoạt động bằng phương pháp Detector vết hạt nhân khu vực đập thủy điện Hòa Bình. *Báo cáo chuyên đề đề tài độc lập cấp Nhà nước mã số 2005/19G. Lưu trữ Viện Vật lý Địa cầu. Hà Nội.*

7. **Talwani. P., 1997.** On the nature of reservoir-induced seismicity. *Pure Appl. Geophys*, vol 150, pp. 473-492.

8. **Talwani P., Chen. L., Gahalaut K., 2007.** Seismogenic permeability, ks, *J. Geophys. Res.* 112, B07309, doi: 10.1029/2006JB004665.

9. **Trần Văn Thắng, Văn Đức Chương, Nguyễn Phú Duyên, 1992.** Đứt gãy Suối Đen và vấn đề động đất kích thích khu vực hồ chứa Hòa Bình. *Thông tin Khoa học kỹ thuật Địa chất*, số 9-10, tr 19-32. Hà Nội.

10. **Trần Văn Thắng, Văn Đức Chương, Nguyễn Phú Duyên, 1992.** Về hệ thống đứt gãy dạng cung đầu mút Đông Nam kiến trúc Fansipan. *Thông tin Khoa học kỹ thuật Địa chất*, số 9-10, tr 33-48.

11. **Trần Văn Thắng, Văn Đức Chương, 1996.** Về hoàn cảnh địa động lực hiện đại đới Sông Đà và kế cận. *TC Các khoa học về Trái đất*, T18/3:253-264. Hà Nội.

12. **Trần Văn Thắng, Văn Đức Tùng, 2006.** Đặc điểm kiến tạo giai đoạn Pliocen - Đệ tứ vùng Tây Bắc Việt Nam. *TC Khoa*

học, Phụ chương "Các khoa học về Trái đất", Đại học Quốc Gia Hà Nội, Số kỷ niệm 30 năm thành lập Viện Địa chất, T.XXII(Nº 2A), tr. 86-99.

13. **Trần Văn Thắng, Văn Đức Tùng, 2008.** Đặc điểm của pha biến dạng kiến tạo MZ-KZ khu vực Tây Nam Hòa Bình. *TC Các Khoa học về Trái đất*, T30/4:405-414. Hà Nội.

14. **Nguyễn Ngọc Thủy, Nguyễn Đình Xuyên, Nguyễn Thanh Tùng, 1990.** Động đất kích thích ở khu vực hồ chứa Hòa Bình. *TC Các Khoa học về Trái đất*, T12/4:97-105. Hà Nội.

15. **Nguyễn Ngọc Thủy, 1999.** Cơ cấu chấn tiêu động đất Tạ Khoa và Sông Đà trong đới động đất Sông Đà. *TC Các Khoa học về Trái đất*, T21/3:214-219. Hà Nội.

16. **Nguyễn Ngọc Thủy (Chủ biên), 2005.** Báo cáo tổng kết đề tài "Phân vùng chi tiết động đất vùng Tây Bắc", Mã số: KC-08-10. *Lưu trữ Viện Vật lý Địa cầu.*

17. **Nguyễn Ngọc Thủy (Chủ biên), 2008.** Báo cáo tổng kết đề tài "Nghiên cứu đứt gãy hiện đại và động đất liên quan khu vực Hòa Bình làm cơ sở đánh giá ổn định công trình thủy điện Hòa Bình", Mã số: ĐTĐL-2005/19G. *Lưu trữ Viện Vật lý Địa cầu. Hà Nội.*

18. **Trần Đình Tô, Nguyễn Trọng Yên, 1991.** Chuyển động thẳng đứng lãnh thổ miền Bắc Việt Nam theo các tài liệu đo lặp thủy chuẩn chính xác. *TC Địa chất*, A/202-203:20-27. Hà Nội.

19. **Trần Văn Trị, Vũ Khúc (Đồng Chủ biên), 2009.** Địa chất và Tài nguyên Việt Nam. *Nxb Khoa học Tự nhiên và Công nghệ. Hà Nội.*

20. **Cao Đình Triều, Ngô Gia Thắng, Mai Xuân Bách, Phạm Nam Hưng, Bùi Anh Nam, 2010.** Động đất Bắc Yên và động đất Mai Sơn ngày 26 tháng 11 năm 2009. *TC Địa chất*, A/320:241-252. Hà Nội.

21. Phan Trọng Trình, 1998. Bản đồ kiến tạo - địa động lực trung lưu Sông Đà tỷ lệ 1:200.000, bản đồ kiến tạo - địa động lực khu vực đầu mối công trình thủy điện Sơn La tỷ lệ 1:50.000. *Lưu trữ Viện Địa chất, Hà Nội.*

22. Nguyễn Thanh Tùng, 1997. Động đất kích thích ở khu vực hồ chứa Hòa Bình. Thành tựu nghiên cứu Vật lý địa cầu 1987-1997. *Nxb Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, tr. 132-155.*

23. Nguyễn Đình Xuyên (Chủ biên), 2004. Nghiên cứu dự báo động đất và dao động nền ở Việt Nam, Đề tài độc lập cấp Nhà nước. *Lưu trữ Viện Vật lý Địa cầu, Hà Nội.*

24. Nguyễn Trọng Yêm, Gusenko O.I, Lê Minh Quốc, Mostrikov A., 1996. Trường ứng suất hiện đại và cơ thức biến dạng vỏ Trái đất Đông Nam Á. *Địa chất Tài nguyên, T2, tr. 8-13.*

25. Lê Tử Sơn, 2000. Cơ cấu trần tiêu động đất Tạ Khoa, Lai Châu và Mường Lũn vùng Tây Bắc Việt Nam. *TC Các Khoa học về Trái đất, T23/4:355-360. Hà Nội.*

26. Lê Tử Sơn (Chủ biên), 2012. Báo cáo tổng kết đề tài “Nghiên cứu dự báo động đất kích thích vùng hồ thủy điện Sơn La”, Mã số ĐTĐL.2009T/09. *Lưu trữ Viện Vật lý Địa cầu, Hà Nội.*

SUMMARY

Activity characteristics of Mường La - Bắc Yên - Chợ Bờ fault zone in recent period and their relationship with triggered earthquakes

Lê Văn Dũng, Văn Đức Tùng, Đình Quốc Văn

Manifestation of active characteristic of Mường La - Bắc Yên - Chợ Bờ fault zone is reflected in the signs of remote sensing, geology, geomorphology, geochemistry and hot - mineral water, especially with magnitude earthquake activity is rather large (4.0 to 5.0) in the past year related to the activity recent of fault zone. Before March, 1989, earthquake activities were recorded desultory along the length of the fault. After the accumulate of water in the Hòa Bình reservoir until April, 1989, triggered earthquakes began occurring and tend to concentrate in around the Hòa Bình dam area. The earthquakes in areas of Nam Phong commune, Nà Lừa and Nà Phai villages (the site occurred Tạ Khoa earthquake in 1991 and Bắc Yên earthquakes in 2009) are not the triggered earthquakes. After the accumulation of water in the Sơn La reservoir in May, 2010, triggered earthquakes tend to concentrate occurred in 2 narrow belts. The first belt is to arise in the Pi Toong region, where the earthquake occurred in July, 2014. The second belt is to arise in the area around Sơn La dam site and extend to the northwest.

Người biên tập: GS.TS Bùi Công Quế.