

ĐẶC ĐIỂM ĐỊA MẠO - KIẾN TẠO ĐỨT GẦY TAM ĐẢO

NGUYỄN QUỐC CƯỜNG, WITOLD A. ZUCHIEWICZ

Đứt gãy Tam Đảo (ĐGTĐ) là phần đông nam của đứt gãy Sông Lô (ĐGSL), một nhánh ĐB của đới đứt gãy sau Sông Hồng (ĐGSH), chạy dọc theo sườn TN dãy Tam Đảo (hình 1). Trên bình đồ, nó được thể hiện bằng các lineamen song song tạo thành một trũng dài, hẹp, dạng graben, phân cách khối riolit Triat Tam Đảo có độ cao 1.200 - 1.300 m, với các dãy đồi lúp xúp cát - bột - sét kết và cuội kết đôi khi xen các lớp mỏng đá vôi tuổi Triat thượng (hệ tầng Văn Lãng) và bị phủ một lớp mỏng bồi tích, sườn tích Đệ Tứ. Xa hơn, về phía ĐN, xuất hiện một khối nâng đá vôi oolitic, quác - zít, filit tuổi Cambri trung của hệ tầng Hà Giang.

ĐGTĐ dài trên 100 km, có đường phương từ N42 °W đến N29 °W. Công tác khảo sát các sườn trượt dốc đứng đã được thực hiện trên cả 3 đoạn có đường phương hơi lệch nhau này (hình 2). Các dốc trượt này xuất hiện từ độ cao khoảng 1.200 m đến 200 - 150 m, tính từ bề mặt bồi tích. Địa hình của chúng giảm dần về phía ĐN (hình 3). Đường phân chia nước cũng không được đồng nhất. Trên đỉnh các sống núi cao nhất, chúng phân đoạn cứ 250 - 300 m một, theo kiểu zíc-zắc (hình 3), có thể do ảnh hưởng của đá gốc trong quá trình bào mòn. Ở giữa lưng chừng sườn núi có một vài biến dạng tạo thành các vai sụt có độ cao giảm dần về phía ĐN từ 850 đến 90 m. Các phá huỷ sườn dốc này trùng với các đứt gãy phụ nằm xa hơn, nhưng song song với đứt gãy chính cắt chân núi ở phía TN. Chính dọc đường đứt gãy chính này, những sườn dốc trượt cơ sở với độ cao khác nhau (trung bình 170 m) đã thể hiện rất đặc trưng. Mặt trượt có độ cao lớn nhất nằm ở đoạn giữa của ĐGTĐ (hình 3).

Sườn TN dãy Tam Đảo bị chia cắt mạnh bởi các thung lũng và những mương xói sâu hình chữ V, nhiều nơi trên 550 m. Các thung lũng bố trí theo dạng kiểu cành cây, thường đặc trưng cho các lưu

vực cân xứng, dài và hẹp. Chỉ số bất đối xứng AF [7] không khác xa giá trị 50, cho thấy lưu vực không bị lệch và chỉ số đối xứng trắc diện ngang T [6] có giá trị giữa 0,21 và 0,32,... rất đặc trưng cho các lưu vực đối xứng (bảng 2).

Trên cơ sở sự có mặt của các gờ trượt ngang chắn trước các dốc trượt và sự chuyển đổi hướng dòng chảy, biên độ trượt bằng phải trẻ không vượt quá 1.500 - 2.000 m (hình 2).

Phân tích các thông số địa mạo [2, 4] ta thấy, mặc dù trong điều kiện khí hậu nhiệt đới gió mùa ẩm ướt, các mặt trượt dốc đứng trên sườn TN Tam Đảo vẫn thể hiện được rõ nét những đặc tính của đứt gãy trượt thuận trẻ, như đã được mô tả ở vùng hoang mạc Nevada và California [2, 4].

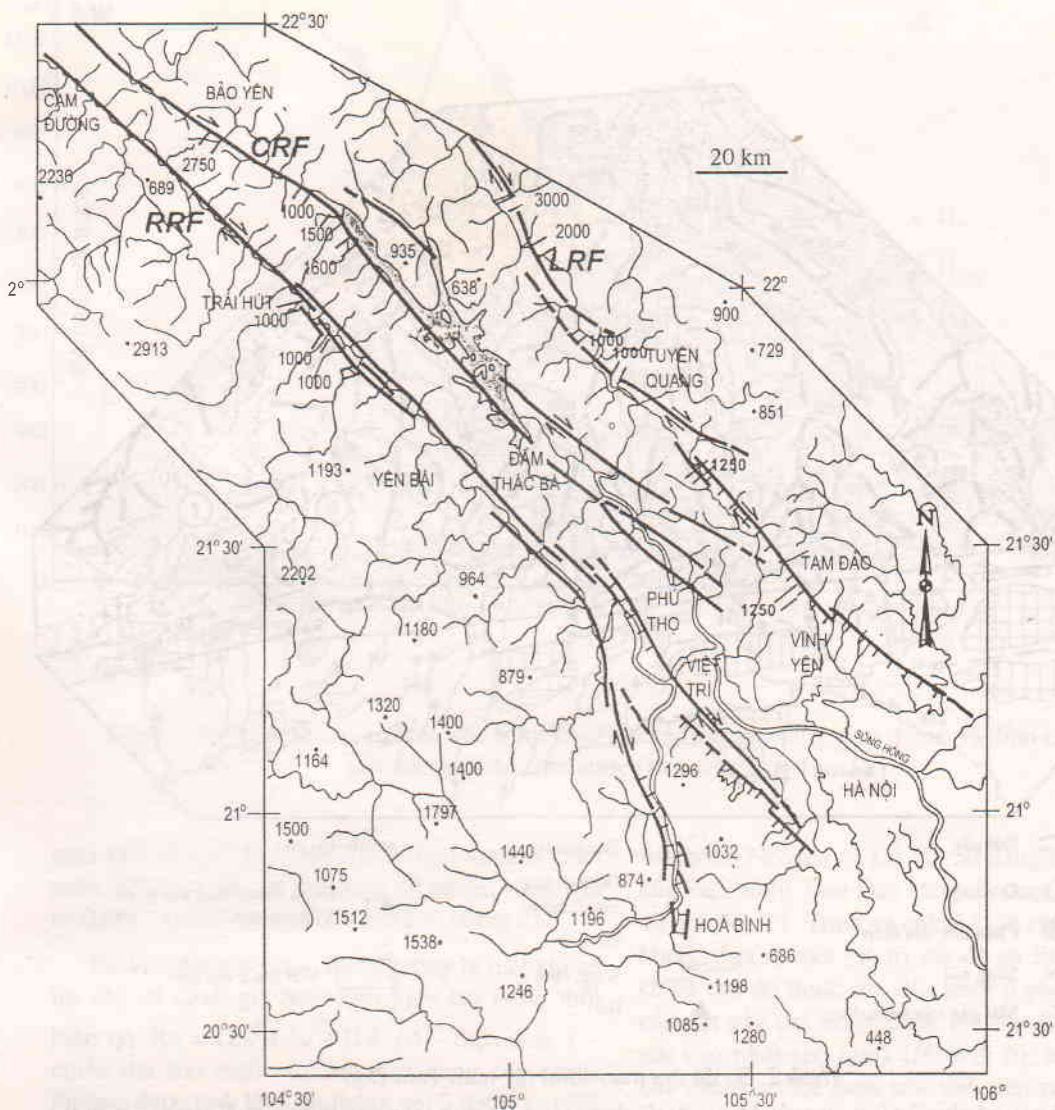
Chỉ số khúc khuỷu chân sườn núi - Smf [2, 4] được tính theo tỷ số Lmf/Ls, mà Lmf là độ dài đường cong chạy theo chân núi ở những điểm mà sườn bị biến dạng mạnh nhất, còn Ls là đoạn thẳng của sườn núi :

$$Smf = Lmf/Ls$$

Sườn núi liên quan đến hoạt động nâng lên tích cực, chân của nó thường thẳng và đặc trưng bởi giá trị Smf nhỏ. Đối với vùng khí hậu khô và nóng Smf = 1,0-1,6 đặc trưng cho chế độ kiến tạo tích cực, Smf = 1,4-3,0 đặc trưng cho sự hoạt động kiến tạo tương đối tích cực, Smf = 1,8 - > 5 là vùng kém tích cực.

Những giá trị tính cho ĐGTĐ dao động trong khoảng từ 1,04 đến 1,16 (hình 4).

Như vậy, dù có tính đến sự hiệu chỉnh các sai số do khác biệt về độ bền của đá gốc ở hai bên đứt gãy, thì ĐGTĐ vẫn được coi là khá tích cực trong thời gian hiện đại.



Hình 1. Sơ đồ đối đứt gãy tích cực Sông Hồng (mô phỏng và bổ sung trên cơ sở tài liệu của [13, 15])

Mũi tên chỉ hướng chuyển động của đứt gãy. Râu chỉ tính chất trượt thuận của đứt gãy. Số in đậm chỉ biên độ trượt ngang phải (tính bằng mét). Các chữ số khác chỉ độ cao tuyệt đối (tính bằng mét). RRF : đứt gãy Sông Hồng, CRF : đứt gãy Sông Chày, LRF : đứt gãy Sông Lô.

Kết quả cũng tương tự như vậy khi ta sử dụng các thông số địa mạo khác. Tỷ số giữa chiều rộng đáy và độ cao của thung lũng suối - Vf [2-4,] cũng đã được tính toán để xác định mức độ hoạt động kiến tạo của ĐGTĐ.

$$Vf = 2Vfw / \{ (Eld - Esc) + (Erd - Esc) \}$$

Trong đó, Vfw - chiều rộng đáy thung lũng, Eld và Erd - độ cao của đường chia nước phía bên trái và tương ứng bên phải khe suối, Esc - cao độ của đáy thung lũng.

Như vậy những lòng suối rộng sẽ cho giá trị Vf cao, còn các khe suối sâu có dạng chữ V thì thường có giá trị Vf nhỏ. Chỉ số Vf thấp phản ánh khe suối sâu với dòng chảy mạnh thường liên quan đến quá trình nâng lên [8]. Ta có thể gọi Vf là chỉ số xác định độ nâng kiến tạo. Những giá trị Vf được [3] đưa ra là từ 0,05 đến 47, với giá trị trung bình là 1,3 - 11,0. Các khe suối cắt sườn TN Tam Đảo có chỉ số Vf biến đổi từ 0,061 đến 5,952 (trung bình là 0,758), tính tại điểm cách đứt gãy 1 km về phía thượng nguồn. Loại trừ một thung lũng rộng nhất ở



- Đứt gãy
- Gò trượt
- Chân đồi, đồi thấp
- Sóng núi
- Mặt gãy của sườn dốc
- Bón aluvi
- Đường chia nước chính
- Đèo
- Sông, suối
- Hồ
- 601 Độ cao
- * 1 Đoạn trung lũng mà tỷ số VI được tính
- Mặt trước núi cao

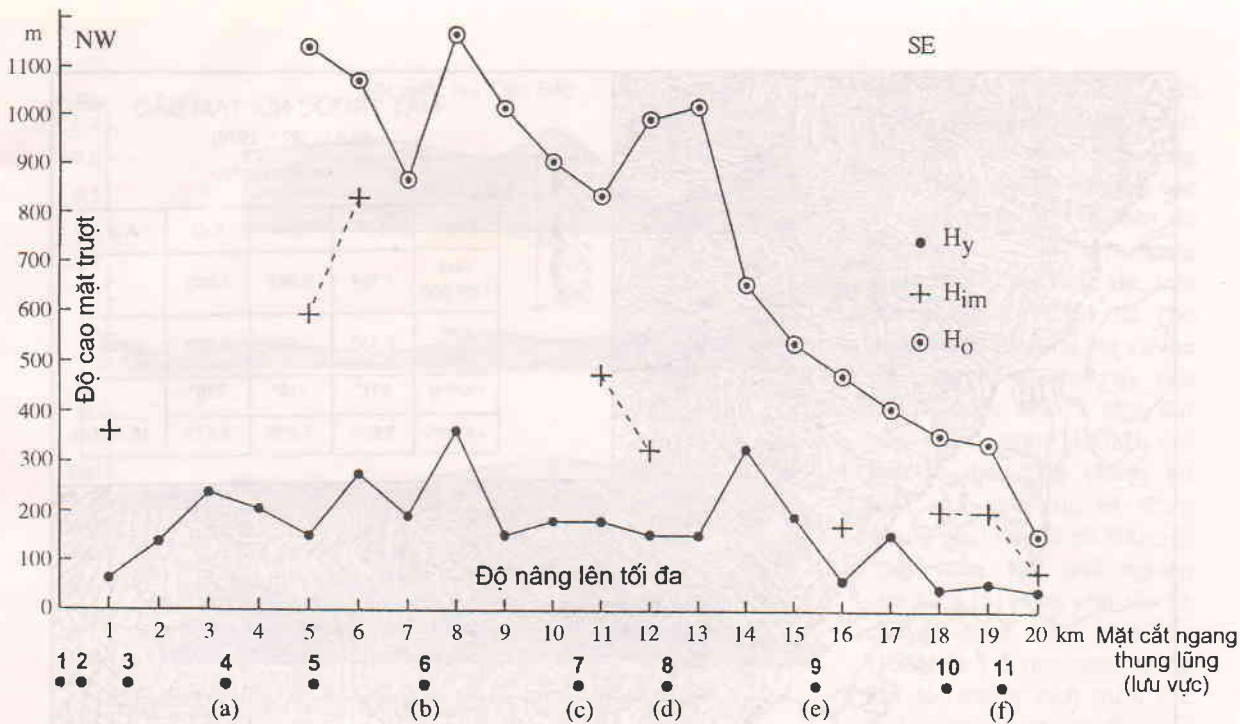
Hình 2. Sơ đồ địa mạo sườn tây nam Tam Đảo

Các chữ cái a-f chỉ các lưu vực các khe suối đã được chọn để tính toán các thông số địa mạo - kiến tạo

Bảng 1. Chỉ số độ kéo dài và bất cân xứng của một số lưu vực sườn Tây Nam Tam Đảo

Lưu vực	A (km ²)	L (km)	Re	Ar (km ²)	AF	T
a	13,420	6,70	0,617	6,298	46,93	0,237
b	10,240	5,50	0,657	6,000	58,59	0,212
c	9,378	5,80	0,596	4,170	44,46	0,224
d	22,305	7,35	0,725	12,128	54,37	0,222
e	8,408	6,60	0,496	4,360	51,86	0,315
f	28,235	8,50	0,705	17,420	61,70	0,276

Chú thích : A - diện tích lưu vực, L - độ dài cực đại lưu vực (đoạn thẳng nối 2 điểm xa nhất), Ar - diện tích phía bên phải của dòng chảy chính (nhìn từ thượng nguồn xuống), Re - độ kéo dài lưu vực, AF - chỉ số bất cân xứng : $AF = 100(Ar/A)$ (nếu $AF > 50$ hoặc < 50 lưu vực bị coi là nghiêng, $AF = 50$ lưu vực có độ cân xứng tuyệt đối), T - chỉ số đối xứng trắc diện ngang : $T = Da/Dd$ (Da - khoảng cách từ đường giữa lưu vực đến đường giữa dòng chảy hay đai uốn khúc, Dd - khoảng cách từ giữa lưu vực đến đường chia nước). Đối với lưu vực cân xứng tuyệt đối, $T = 0$. Độ bất cân xứng tăng khi T tăng từ 0 đến 1



Hình 3. Biểu đồ độ cao của các dốc trượt trẻ (Hy), các vai sụt trung gian (Him) và đỉnh cao nhất của đường phân chia nước (Ho) dọc sườn Tam Đảo

phía ĐN (điểm *11, hình 2), Vf tính được ở chân sườn TN Tam Đảo sẽ thấp hơn rất nhiều, và có giá trị 0,061 - 0,664, trung bình là 0,238 (bảng 2).

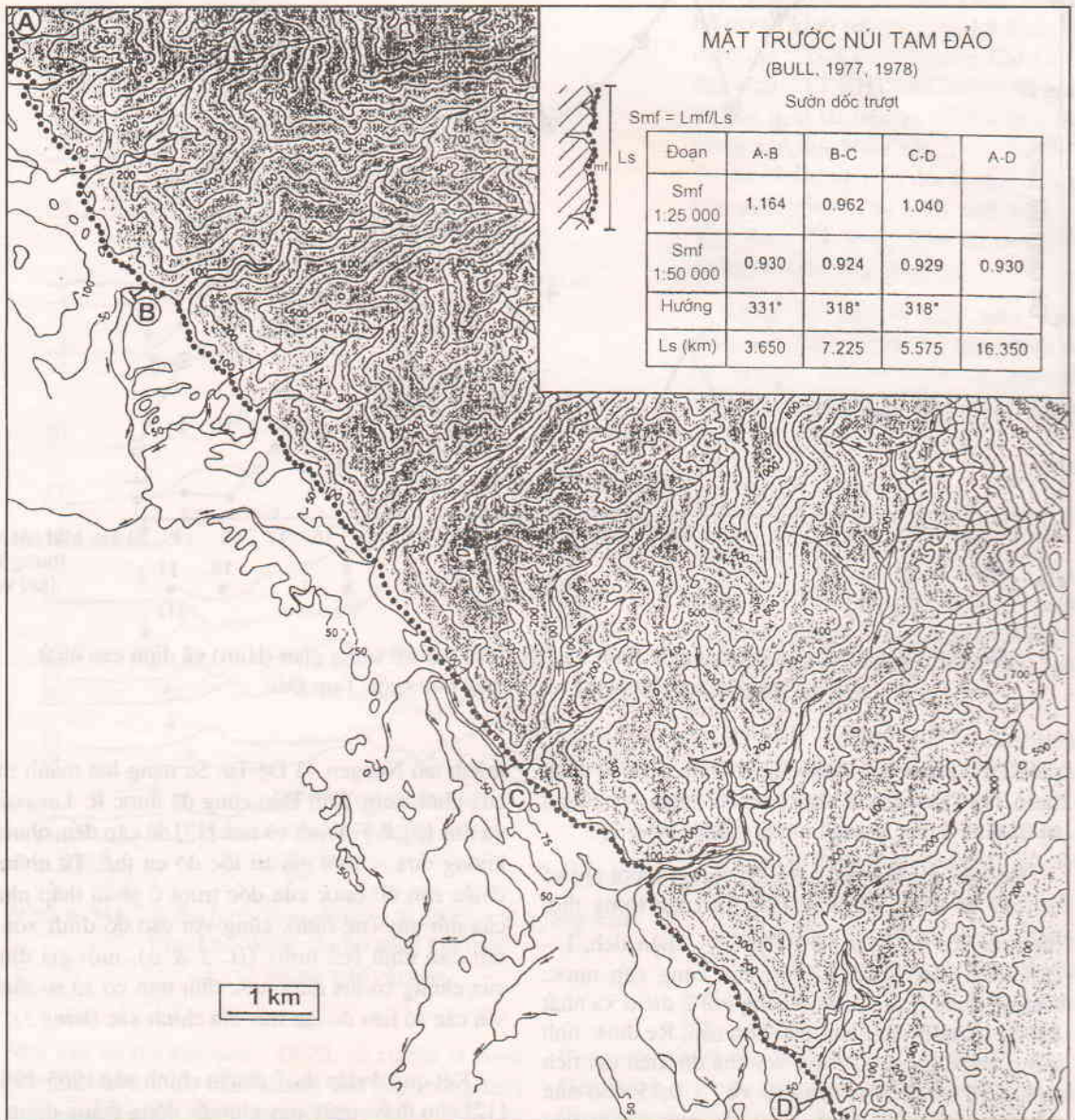
Độ kéo dài lưu vực - Re [3] cũng là một chỉ số tin cậy để đánh giá hoạt tính kiến tạo trong thời hiện tại. $Re = (2\sqrt{A}/\sqrt{A}\Pi)L$ (A - diện tích, L - chiều dài lớn nhất của lưu vực cung cấp nước, thường được tính là đoạn thẳng nối 2 điểm xa nhất của nó. Trong vùng khí hậu khô cần, Re được tính trong khoảng : < 0,50 đối với chế độ kiến tạo tích cực, 0,50 - 0,75 khá tích cực và > 0,75 cho chế độ kiến tạo yếu. Tính toán Re cho 6 lưu vực thung lũng trên sườn TN Tam Đảo (hình 2a-f), với các trị giá từ 0,496 đến 0,725, cho thấy cánh ĐB của ĐGTĐ được nâng lên khá tích cực (bảng 1).

Những số liệu địa mạo được tính toán định lượng nêu trên (hình 4 & 5) đủ để chứng minh ĐGTĐ là một trong những đứt gãy tích cực, và không loại trừ khả năng sinh ra động đất mạnh trong tương lai.

Với mức độ nghiên cứu hiện nay, chưa thể xác định được tốc độ nâng hạ, cũng như trượt bằng dọc ĐGTĐ, do không định được chính xác tuổi của các

thành tạo Neogen và Đệ Tứ. Sự nâng lên mạnh mẽ của khối riolit Tam Đảo cũng đã được R. Lacassin và nkk [9], P.T. Trịnh và nkk [13] đề cập đến, nhưng không đưa ra một giá trị tốc độ cụ thể. Từ những chiều cao đo được của dốc trượt ở phân thấp nhất của đứt gãy (trẻ hơn), cùng với cao độ đỉnh sống núi cao nhất (cổ hơn) (H. 3 & 6), tuổi giả định của chúng có thể được ước tính trên cơ sở so sánh với các số liệu đo lặp trắc địa chính xác (bảng 3).

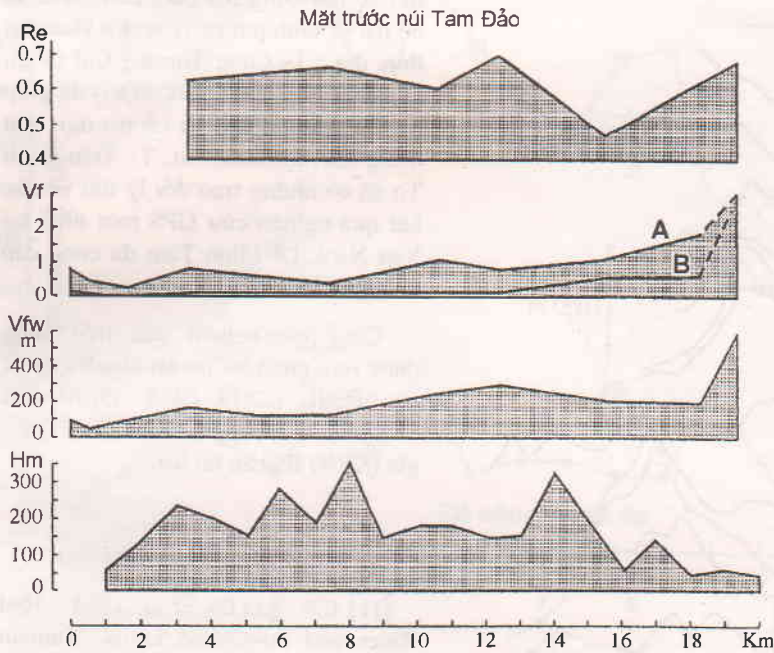
Kết quả đo lặp thủy chuẩn chính xác 1963-1985 [12] cho thấy, ngày nay chuyển động thẳng đứng ở vùng trũng Sông Hồng biến đổi từ +1mm/năm (gần Việt Trì) đến -2 mm/năm (ở ĐN Hà Nội). Hơn nữa những kết quả nghiên cứu GPS mới đây cũng cho thấy những chuyển động hiện đại xảy ra trên ĐGSH cỡ khoảng 0,3 μ rad/năm [5]. Tốc độ chuyển động được chọn để tính toán (bảng 3) là 0,1, 0,5 và 1 mm/năm. Do không có chứng cứ cụ thể nào, nên những tốc độ chuyển động trên được coi như không đổi trong suốt thời gian chuyển động. Nếu lấy tốc độ chuyển động tối thiểu là 0,1mm/năm, ta có tuổi nâng lên tương ứng của sống núi cao nhất



Hình 4. Sơ đồ địa hình sườn tây nam Tam Đảo (đoạn từ 1 - 9 trong hình 2 : A trùng với điểm 1, B trùng với điểm 4, C trùng với điểm 7 và D trùng với điểm 9) cho thấy giá trị S_{mf} rất thấp

(Ho) dãy Tam Đảo là 7.6 tr.n và các sườn dốc trượt đứt gãy trẻ nhất (Hy) cỡ khoảng 1,7 tr.n. Thời điểm bắt đầu nâng lên của dãy Tam Đảo có lẽ trùng với thời kỳ kết thúc trượt bằng trái của ĐGSH mà theo [10] cho là vào khoảng 8-6 tr.n. Tiếp theo, nếu lấy tốc độ trung bình cao nhất là 1mm/năm, tuổi nâng lên cổ nhất sẽ là 760 ngàn năm và tương

ứng, trẻ nhất là 170 ngàn năm, có nghĩa là trùng với ranh giới Brunhes/Matuyama và là tuổi của thời kỳ băng hà áp chót. Trong tương lai, để giải quyết thấu đáo vấn đề tốc độ này, cần có sự hỗ trợ của nghiên cứu vết các nguyên tố phóng xạ (fission - trace) cũng như định tuổi chính xác các lớp trầm tích Đệ Tứ bị biến dạng bởi đứt gãy.



Hình 5. Biểu đồ tổng quát các thông số địa mạo đặc trưng của sườn TN Tam Đảo

Re - độ kéo dài của lưu vực, Vf - tỷ số giữa độ rộng đáy và độ cao của khe suối (A - tính tại điểm đứt gãy cắt qua, B - cách 1 km về phía thượng nguồn), Hm - độ cao của sườn trượt dốc đứng trẻ nhất

Chuyển động trượt bằng phải dọc ĐGTĐ, xác định qua sự biến đổi hướng dòng chảy của hệ thống khe suối khi cắt ngang đứt gãy cỡ khoảng 1.500 - 2.000 m (chưa có dẫn chứng). Nhưng cũng như trên, tốc độ chính xác của các chuyển động này

Bảng 2. Tỷ số giữa độ rộng đáy và độ cao của khe suối cắt ĐGTĐ 1 km ngược dòng chảy về phía thượng nguồn (vị trí các điểm xem hình 2)

Điểm tính	Vfw*	Eld - Esc	Erd - Esc	Vf
1	20	125	125	0,160
2	25	220	90	0,161
3	25	470	356	0,061
4	75	460	520	0,153
5	60	567	325	0,135
6	50	348	260	0,164
7	50	380	265	0,155
8	50	347	350	0,143
9	150	230	280	0,588
10	100	105	196	0,664
11	500	48	120	5,952

* Vfw, Eld - Esc, Erd - Esc tính bằng mét

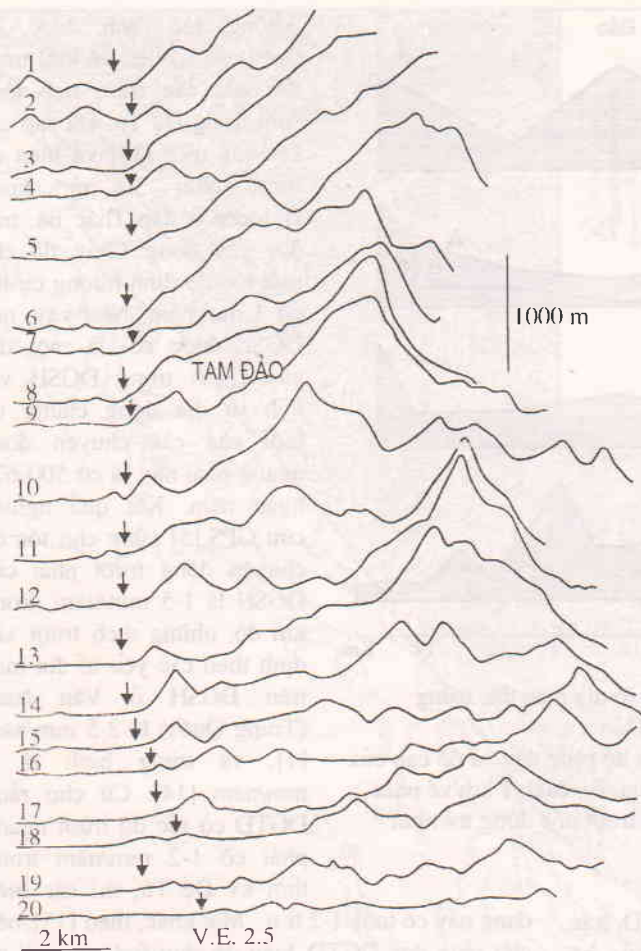
không xác định được, do thiếu các số liệu về tuổi tuyệt đối của các trầm tích lòng suối trong Đệ Tứ. Dù sao các kết quả mới [11] về biên độ trượt phải 30 m, trong Holocen ở đập Thác Bà, trên đứt gãy Sông Chảy đã cho một tốc độ định hướng cụ thể cỡ 3 mm/năm. Như vậy, nếu ĐGSL được coi là một đứt gãy chính trong ĐGSH với lịch sử địa động chung thì tuổi của các chuyển động ngang phải này là cỡ 500-670 ngàn năm. Kết quả nghiên cứu GPS [5] cũng cho tốc độ chuyển động trượt phải của ĐGSH là 1-5 mm/năm, trong khi đó, những dịch trượt xác định theo các yếu tố địa mạo trên ĐGSH ở Văn Nam (Trung Quốc) là 2-5 mm/năm [1], và trung bình là 2 mm/năm [14]. Cứ cho rằng ĐGTĐ có tốc độ trượt ngang phải cỡ 1-2 mm/năm trong thời kỳ Đệ Tứ, thì các biến

dạng này có tuổi 1-2 tr.n. Mặt khác, theo [15], nếu cho rằng dọc ĐGTĐ, biên độ chuyển động phải cỡ 5 - 7 km, thì tuổi của nó ít ra cũng cỡ từ 3,5 tr.n hoặc thậm chí đến 7 tr.n. Những số liệu trên đây, chỉ ít, cũng là những thông số cập nhật nhất cho đến khi chúng ta định được tuổi một cách tin cậy hơn.

Bảng 3. Tính toán tuổi nâng lên của dãy Tam Đảo

Sườn	Tốc độ và thời gian nâng lên		
	1 mm/năm	0,5 mm/năm	0,1 mm/năm
Ho	0,15-1,18 tr.n 760 000 năm	0,30-2,36 tr.n 1.5 tr.n	1,50-11,80 tr.n 7.6 tr.n
Hy	50 - 360 ng.năm	100 - 730 ng.năm	0.50 - 3.60 tr.năm
	170 000 năm	340 000 năm	1.70 tr.n

Chú thích : Ho - các sườn trượt cổ nhất (tính theo độ cao đỉnh sống núi), Hy - các sườn trượt trẻ nhất (thấp nhất, sát chân núi). Chữ in đậm chỉ các giá trị trung bình.



Hình 6. Mặt cắt địa hình theo phương N 55 °E cắt ngang sườn Tam Đảo được vẽ cho từng km một
↓ : vị trí đứt gãy cắt qua

Như vậy có thể kết luận : ĐGSĐ và cụ thể là đoạn ĐN dọc sườn Tam Đảo là một đứt gãy mang tính chất trượt ngang - phải - thuận khá tích cực. Tốc độ trượt phải cỡ 1-2 mm/năm trong thời gian 1-2 tr.n và tốc độ nâng lên của dãy Tam Đảo ít nhất cũng là 0.1 mm/năm trong 1.7 tr.n. Các thông số địa mạo - kiến tạo vừa tính toán và phân tích trên cho phép liệt đứt gãy này vào loại đứt gãy tích cực và tiềm ẩn khả năng phát sinh động đất mạnh trong tương lai.

Các tác giả chân thành cảm ơn : Gs Nguyễn Trọng Yêm và Gs Antoni A. Tokarski, đồng chủ nhiệm đề tài hợp tác khoa học "Địa Động lực miền Bắc Việt Nam" giữa TT KHTN&CNQG VN và VHLKH BL đã có những chỉ đạo cụ thể về ý tưởng và mục tiêu nghiên cứu, những góp ý sửa chữa chi

tiết về nội dung bài báo, cũng như sự hỗ trợ về kinh phí cho các đợt khảo sát thực địa ; Ts Cung Thượng Chí (Viện Địa chất - TT KHTN&CNQG) đã giúp đỡ thu thập tài liệu và hỗ trợ mọi mặt trong các đợt khảo sát, Ts Trần Đình Tô đã có những trao đổi lý thú về các kết quả nghiên cứu GPS mới nhất tại Việt Nam, Lê Minh Tâm đã cung cấp những tư liệu viễn thám,....

Công tác nghiên cứu trên cũng được một phần hỗ trợ tài chính của đề tài 6PO4E 02618 (W.A. Zuchiewicz chủ nhiệm) do ủy ban Khoa học Quốc gia (KBN) Ba Lan tài trợ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] C.R. ALLEN et al, 1984 : Red River and associated faults, Yunnan Province, China : Quaternary geology, slip rate and seismic hazard. Geol. Soc. Am. Bull., 95, 686 - 700.
- [2] W.B. BULL, 1977 : Tectonic geomorphology of the Mojave Desert. US Geol.Surv. Contract Rep. 14-08-001-G-394. Office of Earthquakes, Volca-noes and Engineering, Menlo Park, Calif., 188 pp.
- [3] W.B. BULL and L.D. Mc FADDEN, 1977 : Tectonic geomorphology north and south of Garlock fault, California. In: D.O. Doehring (Ed.), Geomorphology in Arid Regions. Proc. 8th Ann. Geomorph. Symp., State Univ. of New York at Binghamton, 115 - 138.
- [4] W.B. BULL, 1978 : Geomorphic tectonic activity classes of the south front of the San Gabriel mountains, California. US Geol. Surv. Contract Rep. 14-08-001-G-394, Office of Earthquakes, Volcanoes and Engineering, Menlo Park, Calif., 59 pp.
- [5] D.C. CONG, K.L. FEIGL, 1999 : Geodetic measurement of horizontal strain across the Red River fault near Thac Ba, Vietnam, 1963-1994. Journal of Geodesy 73/6, 298 - 310.
- [6] R.T. COX, 1994 : Analysis of drainage - basin symmetry as a rapid technique to identify areas of possible Quaternary tilt - block tectonics :

An example from Mississippi embayment. Geol. Soc. Am. Bull., **106**, 571 - 581.

[7] P.W. HARE, T.W. GARDNER, 1985 : Geomorphic indicators of vertical neotectonism along converging plate margins, Nicoya Peninsula, Costa Rica. In: Tectonic Geomorphology edited by Morisawa M. and J.T. Hack, Proceedings of the 15th Annual Binghamton Geomorphology Symposium, September 1984. Allen & Unwin, Boston, 90-104.

[8] E.A. KELLER and N. PINTER, 1996 : Active Tectonics. Earthquakes, Uplift, and Landscape. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 338 pp.

[9] R. LACASSIN et al, 1994 : Morphotectonic evidence for active movements along the Red River fault zone. In: Actes du Colloque Int. Sur la Sismotectonique et la risque sismique en Asie du Sud Est, 27 Jan. - 4 Fevr. 1994 Hanoi, 66 - 71.

[10] P.V. PHACH, B.C. QUE, 1999 : Late Cenozoic tectonic activity in North Vietnam. J. Geol., ser. B/**13-14**, 33 - 41.

[11] N.V. PHO, H.T. NGA and D.T. TRA, 1999 : Study on the stability of Thac Ba hydropower dam by using nuclear track detector method. J. Geol. Ser. B/**13-14**, 270 - 271.

[12] T.D. TO, N.T. YEM, 1991 : Chuyển động thẳng đứng của khu vực Miền Bắc Việt Nam từ số liệu đo trắc địa lặp lại. Tạp chí Địa chất **202 - 203**. 20-27.

[13] P.T. TRINH, 1995 : Influence des failles actives sur les reservoirs de Hoa Binh et de la riviere Chay (nord du Viet Nam). In : J. - M. Dubois, M.R. Boussema, F. Boivin & P. Lafrance (Eds.), Teledetection des ressources en eau. Actes des journées scientifiques de Tunis 1993.

Universites Francophones, Actualite Scientifique. AUPELF, Presses de 19 Universite du Quebec, Sainte - Foy - Montreal, 31 - 42.

[14] R. WELDON et al, 1994 : Slip rate and recurrence interval of earthquakes on the Hong He (Red River) fault, Yunnann, PRC. Proc. IWSSH - SEA, 27 Jan. - 04 Feb. 1994, Hanoi, 244 - 248.

[15] T. WINTER, J. COSTAZ, 1993 : Hoa Binh Area Geological Mapping. UNDP Programme VIE/92/035, Hanoi & Coyne et Bellier, Paris, 51ms.pp. (unpublished report).

SUMMARY

Morpho - tectonic characteristics of Tam Dao Fault

The Lo River fault near Tam Dao (North Vietnam) is an young right-lateral-normal fault which has been active throughout the Quaternary. Rates of dextral slip range between 1 - 2 mm/yr, whereas rates of uplift can be estimated roughly at 0.1- 1 mm/yr. The drainage deflection and arrangement of shutter ridges suggest 1.5 - 2.0 km of dextral offset during the past 1 - 2 m.y., and the height of the youngest faceted spurs averages at 170 m. Analysis of morphometric parameters of the mountain front at Tam Dao indicates that this segment shows properties typical for nearly rectilinear, young normal scarps that belong to class I or II of relative tectonic activity and that are capable of generating potentially strong earthquakes in the future.

Ngày nhận bài : 12-10-2001

Viện Địa chất
(TT KHTN&CNQG, Việt Nam)

Viện Khoa học Địa chất
(Trường Đại học Tổng hợp
Jagelonian Kracow, Ba Lan)