TUỔI ĐỒNG VỊ U-PB ZIRCON CỦA GRANITOID PHỨC HỆ BẢN CHIỀNG

TRONG ĐỚI CẦU TRÚC PHU HOẠT VÀ Ý NGHĨA ĐỊA CHẤT

Bùi Đình Công¹, Nguyễn Thị Bích Thủy², Nguyễn Chiến Đông¹, Tạ Đình Tùng¹ ¹Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản, 67 Chiến Thắng, Hà Đông, Hà Nội ²Tổng cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam, số 6 Phạm Ngũ Lão, Hà Nội

Tóm tắt: Trong đới cấu trúc Phu Hoạt lộ đá magma granitoid được xếp vào phức hệ Bản Chiềng. Đá có thành phần thạch học chủ yếu gồm granosyenit, ít hơn là granodiorit và granit, cấu tạo khối rắn trắc và kiến trúc dạng porphyr với ban tinh felspat. Khoáng vật tạo đá chính gồm felspat kali, plagioclas, thạch anh, ít biotit và hornblend. Khoáng vật phụ phổ biến là zircon và monazit. Các tinh thể zircon tách từ ba mẫu granit lấy ở Quế Phong có dạng lăng trụ dài, thường có màu trắng trong, phớt nâu. Zircon có kích thước dao động từ 150 µm đến 300 µm với tỉ lệ chiều dài/rộng 3:1÷2:1, phân đới thanh nét, đặc trưng cho zircon kết tinh từ dung thể magma. Tuổi thành tạo của granitoid được xác định bằng phương pháp SHRIMP U-Pb zircon là 27,4-29,5 Tr.n. Giá trị tuổi này của các thành tạo magma phức hệ Bản Chiềng minh hứng cho sự tồn tại một giai đoạn hoạt động magma và phát triển vỏ lục địa vùng nghiên cứu vào Paleogen muộn.

1. Mở đầu

Phức hệ Bản Chiếng trước kia có tên gọi là Sông Chu - Bản Chiếng (Izokh, 1965). Năm 1974, các nhà địa chất Liên đoàn bản đồ rút gọn lại là phức hệ Bản Chiềng bởi nhận thấy một số khối granit phân bố ở vùng Sông Chu không hoàn toàn giống với granitoid Bån Chiềng. Khi hiệu đính bản đồ địa chất tỉ lệ 1:500.000 phần Nam Việt Nam, một số khối granitoid ở vùng Bà Nà, Trà Mi, nam Khâm Đức cũng được ghép vào phức hệ Bản Chiềng (Trung, 1979). Khu vực nghiên cứu nằm trong đới cấu trúc Phu Hoạt hay còn gọi là vòm nâng Phu Hoạt, nơi có hoạt động magma xảy ra mạnh mẽ vào Kainozoi tao thành các khối đá xâm nhập có hình dang và kích thước khác nhau, chúng xuyên cắt các thành tạo granitoid phức hệ Đại Lộc có tuổi Devon, trầm tích núi lửa tuổi Trias giữa ở vùng Sông Chu và trầm tích tuổi Jura ở Phu Loi (Izokh, 1965). Tuổi thành tao của granitoid phức hê Bản Chiềng còn nhiều ý kiến khác nhau, được xếp vào Paleogen (Izokh, 1965), Creta muon-Paleogen (Trung, 1979) và 26,4-48,3 Tr.n (K-Ar, Bách, 1969), 26,9-29,8 Tr.n (TIMS U-Pb zircon, Tâm và nnk, 2010). Để chính xác hóa hơn tuổi thành tạo và sự tiến hóa vỏ lục địa vòm nâng Phu Hoạt, chúng tôi đã khảo sát thu thập các mẫu granit thuộc các khối khác nhau ở Tri Lễ và Châu Thôn, huyện Quế Phong phục vụ cho nghiên cứu. Trong đó, 03 mẫu granit được lựa chọn tách zircon và phân tích thành phần đồng vị U-Pb để tính tuổi thành tạo của chúng.

2. Đặc điểm địa chất và vị trí lấy mẫu

Vùng nghiên cứu thuộc vòm nâng Phu Hoạt với diện tích khoảng 7.500 km², thuộc địa phận các huyện Quế Phong, Quỳ Châu và một phần các huyện Quỳ Hợp, Nghĩa Đàn của tỉnh Nghệ An (Hình 1). Phần cánh của vòm nâng Phu Hoạt được cấu thành chủ yếu bởi các đá biến chất nguồn gốc trầm tích tuổi Cambri-Ordovic sớm. Càng xa trung tâm mức độ biến chất càng giảm dần và thế nằm thoải hơn. Phần trung tâm bị xuyên cắt và bị làm phức tạp hóa bởi các thành tạo magma xâm nhập trẻ hơn như granioid phức hệ Bản Chiềng, Yê Yên Sun (Đông và nnk, 2013). Granitoid phức hệ Bản Chiềng lộ ra chủ yếu ở phía Tây - Tây Bắc vòm nâng Phu Hoạt (Quế Phong - Nghệ An), phía Đông Bắc Bản Chiềng gần biên giới Việt Lào. Phức hệ bao gồm nhiều khối có hình dạng gần đẳng thước hoặc kéo dài theo phương TB-ĐN, diện lộ tới vài chục kilômét vuông, gồm 2 pha xâm nhập và pha đá mạch. Các mẫu lựa chọn phân tích tuổi thành tạo thuộc loại granit biotit hạt vừa và nhỏ, sáng màu, cấu tạo khối, thành phần khoáng vật chủ yếu là felspat kali (25-30%), plagioclas (30-35%), thạch anh (25-30%) và biotit (5-7%). Các khoáng vật phụ gồm zircon, monazit và khoáng vật quặng.



3. Quy trình gia công và phân tích mẫu

Khoảng 1-2 kg mẫu cục được đập và nghiền tới độ hạt 0,5 mm và đãi sạch để phân loại các khoáng vật theo tỷ trọng. Tiếp theo rây phân chia các cấp hạt, tuyển từ để tách các khoáng vật nhiễm từ. Zircon ở phần không từ tính được tách ra bằng dung môi nặng bromoform và diodomethan, sau đó lựa chọn bằng tay dưới kính hiển vi hai mắt để loại bỏ những hạt chứa nhiều bao thể trắng và các hạt nứt vỡ có thể gây ảnh hưởng đến kết quả phân tích. Các hạt zircon được gắn vào nhựa epoxy và mài tới khi lộ phần trung tâm của tinh thể. Trước khi phân tích thành phần đồng vị U-Pb, các hạt zircon được chụp ảnh phát quang âm cực để nghiên cứu cấu trúc phân đới bên trong của chúng bằng kỹ thuật EPMA (Electron Probe Micro Analyser). Điều này giúp cho phần luận giải tuổi và quá trình tiến hóa magma được chính xác hơn.

Thành phần đồng vị U-Pb zircon được phân tích trên thiết bị vi lượng ion có độ phân dải và độ nhạy cao (SHRIMP) bằng phương pháp bào mòn đơn điểm với chùm tia laser có cường độ 4-5 Hz, đường kính 40 µm, bước sóng 213 mm, mật độ 8-14 J/cm². Trong quá trình thực hiện thí nghiệm, khí He hoặc Ar được sử dụng làm vật chất tải khí mài mòn. Mẫu zircon chuẩn sơ cấp GJ-1 và mẫu chuẩn thứ cấp 91500 được phân tích để hiệu chỉnh máy trong suốt quá trình phân tích. Toàn bộ quá trình phân tích đồng vị được thực hiện tại Viện VSEGEI, Liên bang Nga. Các tỷ số đồng vị U-Th-Pb của mẫu được tính toán, hiệu chỉnh bằng phần mềm GLITTER (ver4.0) và Pb được hiệu chỉnh bằng công thức của Anderson (2002). Các kết quả phân tích được xử lý, tính toán bằng phần mềm Isoplot của Lugwig (2003) và thể hiện trong Bảng 1, trên các Hình 6a-c.

4. Kết quả phân tích

4.1. Đặc điểm hình thái zircon

Đặc điểm hình thái của zircon được thể hiện trên Hình 2a-c, đa số zircon có hình dạng lăng trụ với tỉ lệ dài/rộng 3:1 đến 2:1, màu trắng hoặc phớt nâu, trong suốt hoặc bán trong suốt, một số hạt chứa bao thể màu đen.

4.2. Cấu trúc bên trong các hạt zircon

Hình ảnh đại diện cấu trúc bên trong của các hạt zircon tách từ 03 mẫu granit phức hệ Bản Chiềng được thể hiện trên Hình 3-5. Zircon trong các mẫu phân tích có hình dạng và kích thước rất khác nhau, thể hiện dạng tháp ở hai đầu, phân đới khá thanh nét chứng tỏ chúng có nguồn gốc magma (Thủy, 2015). Chiều dài tinh thể zircon dao động từ 100-300 µm, chiều rộng từ 80-100 µm. Zircon trong mẫu TL234 có kích thước lớn hơn so với zircon trong hai mẫu còn lại, tỉ lệ dài/rộng là 1:1 đến 1:1,5, trong khi đó zircon trong mẫu TL315 thường nhỏ và dài với tỉ lệ 3:1 đến 2:1, cá biệt có hạt dạng kim tỉ lệ đạt tới 4:1. Một số hạt zircon bị ảnh hưởng bởi các quá trình địa chất sau khi kết tinh nên một phần hạt có màu sáng hơn so với những phần xung quanh và sự phân đới thanh nét đã bị xóa nhòa (Hình 4, hạt TL234. 2.1; TL234. 3.1). Các điểm phân tích đồng vị U-Pb được lựa chọn trên những hạt zircon không có khuyết tật, không chứa bao thể cũng như bề mặt không bị rạn nứt.

4.3. Kết quả phân tích đồng vị U-Pb trên zircon

Kết quả phân tích đồng vị U-Pb trên zircon tách từ 03 mẫu granit phức hệ Bản Chiềng được thể hiện trên Bảng 1 và Hình 6. Các hạt zircon tự hình, phân đới thanh nét trong các mẫu được lựa chọn phân tích tuổi thành tạo của chúng. Các tỉ số Th/U>0,1 trong tất cả zircon được phân tích kết hợp với đặc tính tự hình và phân đới thanh nét chứng tỏ zircon được kết tinh từ dung thể magma.



Hình 2a-c. Ảnh chụp đặc điểm các tinh thể zircon; a) mẫu TL137; b) mẫu TL234 và c) mẫu TL315



Hình 3. Mẫu TL137. Ảnh CL và vị trí các điểm phân tích tuổi đồng vị U-Pb zircon từ granitoid Bản Chiếng



Hình 4. Mẫu TL234. Ảnh CL và vị trí các điểm phân tích tuổi đồng vị U-Pb zircon từ granit Bản Chiềng



Hình 5. Mẫu TL315. Ảnh CL và vị trí các điểm phân tích tuổi đồng vị U-Pb zircon từ granit Bản Chiềng

Mẫu granit TL137: Zircon tách từ mẫu granit này có dạng lăng trụ dài, nhỏ, màu trắng phót nâu, trong suốt hoặc bán trong suốt chứa ít bao thể màu đen. Tổng số 10 hạt zircon được chọn để phân tích thành phần đồng vị U-Pb trong chúng. Hàm lượng U (ppm) dao động rộng trong khoảng 192÷5407, tập trung chủ yếu xung quanh 250 ppm và hàm lượng Th (ppm) = 136÷1261; tỷ số Th/U của mẫu có giá trị dao động 0,2-1,0, trung bình 0,7. Kết quả 10 điểm phân tích cho giá trị tuổi ²⁰⁶Pb/²³⁸U dao động trong khoảng 28,50-30,04 Tr.n. Trên biểu đồ concordia ²⁰⁶Pb/²³⁸U-²⁰⁷Pb/²³⁵U cho thấy các điểm phân tích đều nằm trên hoặc sát đường cong concordia và cho tuổi trung bình ²⁰⁶Pb/²³⁸U=29,48±0,25 Tr.n với MSWD=2 (Hình 6a). Kết hợp với đặc điểm của các hạt zircon phân tích, giá trị 29,48 Tr.n được cho là tuổi kết tinh của granit.

Mẫu granit TL234: Zircon trong mẫu có dạng lăng trụ ngắn, có hạt gần như đẳng thước và rất ít bao thể màu đen (Hình 4). Tổng số 10 điểm phân tích đồng vị U-Pb được thực hiện trên 10 tinh thể zircon cho hàm lượng U (ppm) biến thiên trong khoảng 882-5348; hàm lượng Th (ppm)= 442-3712; tỷ số Th/U của zircon trong mẫu có giá trị dao động 0,2-1,47, trung bình 0,93 chứng tỏ chúng được kết tinh từ dung thể magma. Các hạt zircon phân tích cho tuổi ²⁰⁶Pb/²³⁸U biến thiên trong khoảng 26,26-29,02 Tr.n. Trên biểu đồ biểu diễn tuổi ²⁰⁶Pb/²³⁸U-²⁰⁷Pb/²³⁵U, 08 điểm phân tích nằm trùng trên đường cong concorrdia và cho tuổi trung bình ²⁰⁶Pb/²³⁸U = 27,39-0,54 Tr.n (Hình 6b). 02 điểm phân tích nằm phía trên đường cong concorrdia, chỉ ra sự nhận uran của zircon sau khi kết tinh, bởi vậy hàm lượng uran trong hai tinh thể zircon cao hơn hẳn so với các tinh thể khác (TL234.1.1 U=5381 ppm; TL234.5.1 U=2314, Bảng 1) đồng thời cho tuổi trung bình của mẫu. Giá trị trung bình ²⁰⁶Pb/²³⁸U = 27,39 Tr.n được xem là tuổi tính của granit.

Hàm lượng (ppm)		Tuổi (Tr.n)
(FF)	Các tỉ số đồng vị	
	$\overline{Th/U} \ \ ^{207}Pb/^{206}Pb \ 26 \ \ ^{207}Pb/^{235}U \ \ 26 \ \ ^{206}Pb/^{238}U \ \ 26$	
U Th		²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U 26

Bảng 1. Kết quả phân tích tuổi đồng vị SHRIMP U-Pb zircon tách từ granit phức hệ Bản Chiềng

TL137 TL137-2.1	575	537	0,9	0,0499	9,7	0,0306	9,8	0,00444	1,4	28,59	0,41
TL137-4.1	231	184	0,8	0,0454	8,1	0,0280	8,3	0,00447	1,9	28,75	0,55
TL137-1.1	1556	649	0,4	0,0458	9,2	0,0283	9,3	0,00447	1,2	28,79	0,35
TL137-5.1	210	136	0,6	0,0550	19	0,0346	19	0,00454	2,3	29,22	0,67
TL137-10.1	921	942	1,0	0,0452	4,0	0,0285	4,1	0,00458	1,1	29,48	0,32
TL137-9.1	1189	631	0,5	0,0426	6,9	0,0270	7,0	0,00459	1,2	29,57	0,36
TL137-6.1	207	136	0,7	0,0445	8,2	0,0282	8,4	0,00459	1,9	29,57	0,57
TL137-3.1	229	149	0,7	0,0453	8,3	0,0289	8,5	0,00463	2,0	29,76	0,58
TL137-8.1	192	163	0,8	0,0530	15	0,0341	16	0,00467	2,2	30,01	0,65
TL137-7.1	5407	1261	0,2	0,0475	2,3	0,0306	2,4	0,00467	0,73	30,04	0,22
TL315 TL315.1.1	241	248	1,0	0,0526	9,1	0,0318	9,5	0,00439	2,8	28,02	0,80
TL315.2.1	1225	549	0,4	0,0529	4,2	0,0301	6,1	0,00428	2,2	27,39	0,59
TL315.3.1	1207	440	0,4	0,0526	4,2	0,0280	10	0,00443	2,2	28,52	0,62
TL315.4.1	405	570	1,4	0,0573	5,9	0,0145	67	0,00413	3,0	27,27	0,64
TL315.5.1	498	229	0,5	0,0649	5,0	0,0160	89	0,00417	3,8	27,44	0,62
TL315.6.1	409	501	1,2	0,0522	6,4	0,0384	12	0,00467	2,5	29,53	0,72
TL315.7.1	1276	544	0,4	0,1396	4,9	0,0500	28	0,00468	3,3	28,87	0,66
TL315.8.1	406	378	0,9	0,0527	6,6	0,0221	29	0,00429	5,0	27,90	1,40
TL315.9.1	254	231	0,9	0,0516	8,2	0,0150	67	0,00418	3,3	27,53	0,74
TL315.10.1	459	408	0,9	0,0505	7,1	0,0296	7,6	0,00430	2,3	27,57	0,64
TL234 TL234.1.1	5348	3712	0,7	0,0435	3,8	0,0271	4,2	0,00451	1,8	29,02	0,53
TL234.2.1	822	1076	1,3	0,0396	14	0,0223	14	0,00408	2,1	26,26	0,56
TL234.3.1	1079	1183	1,1	0,0411	14	0,0234	14	0,00414	2,1	26,61	0,56
TL234.4.1	1793	2553	1,4	0,0462	6,2	0,0274	6,5	0,00430	1,9	27,69	0,53
TL234.5.1	2314	2089	0,9	0,0438	4,5	0,0270	4,8	0,00447	1,9	28,73	0,54
TL234.6.1	958	553	0,6	0,0435	10	0,0245	11	0,00409	2,1	26,33	0,55
TL234.7.1	1112	1128	1,0	0,0412	14	0,0236	14	0,00415	2,1	26,72	0,56
TL234.8.1	2247	442	0,2	0,0459	5,2	0,0269	5,5	0,00426	1,9	27,38	0,52
TL234.9.1	2188	1986	0,9	0,0462	2,6	0,0274	3,2	0,00429	1,9	27,65	0,52
TL234.10.1	1345	1206	0,9	0,0317	21	0,0186	22	0,00426	2,6	27,39	0,72



Hình 6a-c. Biểu đồ concordia thể hiện kết quả phân tích tuổi đồng vị U-Pb zircon của granitoid phức hệ Bản Chiềng (a- TL137; b-TL234; c-TL315)

Mẫu granit TL315: 10 hạt zircon được lựa chọn từ mẫu granit này để phân tích tuổi thành tạo của chúng. Kết quả phân tích cho thấy hàm lượng U (ppm) biến thiên trong khoảng 241-1276 và Th =229-570 ppm; tỷ số Th/U của mẫu có giá trị dao động 0,4-1,4, trung bình 0,8 (Bảng 1). Kết quả phân tích tuổi đồng vị 10 hạt cho kết quả tuổi đồng

vị ²⁰⁶Pb/²³⁸U từ 27,27-29,53 Tr.n. Trên biểu đồ biểu diễn tuổi ²⁰⁶Pb/²³⁸U-²⁰⁷Pb/²³⁵U cho thấy 04 điểm phân tích nằm phía trên đường cong concordia thể hiện sự nhận uran sau khi zircon được kết tinh, ngược lại có 02 điểm phân tích nằm dưới đường cong chứng tỏ bị mất chì (Hình 6c). 04 điểm phân tích còn lại nằm trùng trên hoặc sát đường cong concordia cho tuổi trung bình ²⁰⁶Pb/²³⁸U= 27.52 Tr.n, giá trị này trong phạm vi sai số trùng với giá trị trung bình của 10 điểm phân tích là 27,80-0,68 Tr.n (MSWD= 1,2). Vậy giá trị 27,5 Tr.n được cho là tuổi kết tinh của đá.

5. Thảo luận

5.1. Tuổi thành tạo granitoid Bản Chiềng

Các thành tạo granitoid Phức hệ Bản Chiềng phân bố chủ yếu ở vùng Bù Khạng, thuộc khối nâng Phu Hoạt. Các thành tạo magma này được các nhà địa chất xếp vào Paleogen dựa trên quan hệ xuyên cắt địa chất và tuổi đồng vị K-Ar và Ar-Ar. Kết quả phân tích đồng vị Ar-Ar thực hiện trên đơn khoáng biotit cho tuổi dao động từ 36-21 Tr.n (Lepvrier và nnk, 1997) và đồng vị K-Ar cho tuổi 26,4-48,3 Tr.n (Bách, 1969). Kết quả phân tích SHRIMP U-Pb zircon tách từ 03 mẫu granit của Bản Chiềng trong nghiên cứu này cho giá trị tuổi ²⁰⁶Pb/²³⁸U có độ dao động rất hẹp trong khoảng từ 27-30 Tr.n. Giá trị tuổi này tương tự với tuổi xác định bằng phương pháp pha loãng đồng vị U-Pb zircon là 26-29 Tr.n, Tâm và nnk, 2010).

Kết hợp với nghiên cứu hình dạng và cấu trúc bên trong của các hạt zircon phân tích cho phép kết luận rằng tuổi thành tạo của granitoid Bản Chiềng trong khoảng 27-29 Tr.n, tương ứng với cuối Paleogen muộn.

5.2. Ý nghĩa địa chất

Hoạt động magma giai đoạn Paleogen tạo granitoid phức hệ Bản Chiếng. Hoạt động magma giai đoạn này không chỉ xảy ra ở đới cấu trúc Phu Hoạt mà còn xảy ra ở một số các cấu trúc địa chất khác nhau trên lãnh thổ Việt Nam như đới Phan Si Pan (Hòa và nnk, 2012) và các khu vực lân cận điển hình ở Hoa Nam, Trung Quốc. Sản phẩm giai đoan hoat đông magma này là các thành tao magma xâm nhập, phun trào tuổi Paleogen giữa-muộn phân bố trên lãnh thổ việt Nam (Hiếu và nnk, 2013; Hòa và nnk, 2012) và địa khối Hoa Nam ở tỉnh Vân Nam, Trung Quốc (Cai và nnk, 2013). Về mặt thời gian, sư thành tạo các đá magma phức hệ Bản Chiềng trùng với sự kiện xiết trượt Sông Hồng. Từ quan sát thực tế thấy granit phức hệ Bản Chiếng có khối bị ép nhẹ với sự xắp xếp thành dải định hướng của khoáng vật biotit, có khối granit hạt nhỏ hơn lại không bị ép. Từ các tài liêu trên gợi ý cơ chế thành tao của granit Bản Chiếng có thể như sau: vào khoảng thời gian 30-26 Tr.n, đới xiết ép-trượt trái Sông Hồng được hình thành tiếp theo sau sư va húc giữa hai mảng Ấn Đô và Âu-Á (Yêm và nnk, 2009), dẫn tới sư tái nóng chảy vỏ lục địa dưới tạo các buồng magma. Các dung thể magma này kết tinh phân dị tao thành các đá granitoid xếp vào phức hê Bản Chiếng. Các thành tao magma này bi biến dang đồng thời ngay sau khi hình thành và trong quá trình nâng lên của đới xiết trượt Sông Hồng (Trịnh và nnk, 2004).

6. Kết luận

Granitoid phức hệ Bản Chiềng trong đới cấu trúc Phu Hoạt lộ ra dưới dạng các khối xâm nhập nhỏ. Đá có màu xám sáng, hạt vừa đến nhỏ, cấu tạo khối rắn chắc, kiến trúc dạng porphyr với ban tinh là khoáng vật felspat kali. Tuổi thành tạo của chúng được xác định bằng đồng vị U-Pb zircon theo kỹ thuật SHRIMP là 27-29 Tr.n, tương ứng với cuối Paleogen muộn.

Các thành tạo magma phức hệ Bản Chiềng là sản phẩm minh chứng cho sự tồn tại một giai đoạn hoạt động magma và phát triển vỏ lục địa trong vùng nghiên cứu vào cuối Paleogen.

Văn liệu

Lê D. Bách (Chủ biên), 1969. Bản đồ địa chất khoáng sản vùng Quỳ Châu tỷ lệ 1:200.000. Đoàn Địa chất 20Đ. *Nxb Khoa học & Kỹ thuật. Hà Nội*.

Dovjikov A.E (Chủ biên), 1965. Địa chất miền Bắc Việt Nam. Tổng cục Địa chất, Hà Nội, 668 tr. (tiếng Nga). Nxb Khoa học & Kỹ thuật, Hà Nội, 538 tr (tiếng Việt).

Nguyễn V. Đễ, 1975. Bản đồ địa chất sơ lược vùng Bản Chiềng - Quế Phong. Nxb Khoa học & Kỹ thuật, Hà Nội, 1976.

Bùi M. Tâm và nnk, 2010. Hoạt động magma Việt Nam. Lưu trữ Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản.

Bùi Đ. Công, 2014. Đặc điểm phân bố và tiềm năng sa khoáng monazit khu vực Yên Hợp (Quỳ Hợp) - Châu Bình (Quỳ Châu), Nghệ An. *Luận văn thạc sỹ, Trường Đại học Mỏ - Địa chất Hà Nội.*

Nguyễn C. Đông và nnk, 2013. Nghiên cứu sinh khoáng và phân vùng triển vọng khoáng sản vòm nâng Phu Hoạt. *Lưu trữ Địa chất. Hà Nội.*

Tống D. Thanh và Vũ Khúc (*Chủ biên*), 2005. Các phân vị địa tầng Việt Nam. *Nxb Đại học Quốc Gia Hà* Nội.

Anderson T, 2002. Correction of common lead in U-Pb analyses that do not report ²⁰⁴Pb. *Chem. Geol. 192:59-*79.

Ludwig K.R, 2003. Isoplot v. 3.0: A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel. Special Publication, Berkeley Geochronology Center. 4. 70. pp.

Charvet J. et al, 1996. The building of South China Collision of the Yangtze and Cathaysia blocks, problems and tentative answers. *L. of SE Asian Earth Sci.*, 13:223-235.

Kinny P.D. et al, 1990. Age constraints on the geological evolution of the Narryer Gneiss Complex, Western Australia. *Australia Journal of Earth Sciences*, 37:51-69.

Lepvrier et al, 1997. 40Ar/39Ar Indosinian age of NW trending dextral shear zones within the Truong Son belt (Vietnam). Cretaceous to Cenozoic overprinting. *Tectonophysics, 283:105-127*.

Harrison T.M. et al, 1979. Geochronology and thermal history of coast plutonic complex, near Prince Rupert, British Columbia. *Can J. Earth Sce.* 16:400-410.

Dodson M.H, 1973. Closere temperature in cooling grochoronological and petrological systems. *Contrib. Mineral. Petrol.* 40:259-274.

Nguyễn T.B. Thủy, 2015. Petrogenesis and zircon U-Pb ages of the Núi Pháo granitic pluton in the Tam Đảo region: Implications for an Indosinian tectonic event in northeast Việt Nam. J. of Geology, Series B:43:1-15. Hanoi.

Nagy E.A, Maluski H, Lepvrier C, Schärer U, Phan T. Thị, Leyreloup A, Tich Vu Văn, 2001. Geodynamic significance of the Kontum massif in central Vietnam: Composite ⁴⁰Ar/³⁹Ar ages from Paleozoic to Triassic. J. of Geology, 109:755-770.

Hiếu P.T, Fu-kun Chen, Nguyễn T.B. Thủy, Nguyễn Q. Cường, Shuang-quing Li, 2013. Geochemistry and zircon U-Pb ages and Hf isotopic composition of Permian alkali granitoids of the Phan Si Pan. *Journal of Geodynamics*. 69:106-121.

Nguyễn T. Yêm, Antoni K. Tokarki, Nguyễn Q. Cường, Zuchiewicz W, Anna Swierczewska, 2009. Những kết quả chủ yếu trong nghiên cứu địa động lực Kainozoi miền Bắc Việt Nam. Tuyển tập Địa động lực Kainozoi miền Bắc Việt Nam. Nxb Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, tr.1-10.

Phan T. Trịnh, Hoàng Q. Vinh, Leloup H, Tapponier P, 2004. Biến dạng và tiến hóa nhiệt động đới Phan Si Pan trong Kainozoi. *TC Địa chất, A/285:11-12. Hà Nội*.

Shi Hong-Cai, Shi Xiao-Bin, Yang Xiao-Qiu, Jiang Hai-Yan, 2013. The Exhumation Process of Mufushan Granite in Jiangnan Uplift since Cenozoic: Evidence from Low-Temperature Thermochronology. *Chinese J. of Geophysics. DOI: 10.1002/cjg2.20028.* **Trần T. Hòa, Phạm T. Dung, Trần T. Anh, Ching Y. Lan, Tadashi Usuki, Trần V. Hiếu, Vũ H. Ly, 2012.** Tài liệu mới về tuổi đồng vị U-Pb zircon trong granit phức hệ Yê Yên Sun khối nâng Phan Si Pan và mối liên quan với đới trượt Sông Hồng. *TC Các Khoa học về Trái đất, 34:453-464*.