

TUỔI ĐỒNG VỊ U-Pb ZIRCON CỦA GRANITOID CÁC KHỐI PU SI LUNG VÀ KIM CƯƠNG PHỨC HỆ TRƯỜNG SƠN VÀ Ý NGHĨA KIẾN TẠO CỦA CHÚNG

BÙI MINH TÂM¹, FUKUN CHEN²,
NGUYỄN THỊ BÍCH THỦY³, TRỊNH XUÂN HÒA³

¹ Tổng hội Địa chất Việt Nam, 6 Phạm Ngũ Lão, Hà Nội;

² Viện Địa chất và Địa vật lý, Viện HLKH Trung Quốc;

³ Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản, Km 9, Thanh Xuân, Hà Nội

Tóm tắt: Các mẫu đá granit biotit của các khối Pu Si Lung (MV.0708) và Kim Cương (MV.1106) thuộc phức hệ Trường Sơn đã được chọn lựa cho việc phân tích tuổi đồng vị phóng xạ. Các giá trị tuổi đồng vị TIMS U-Pb zircon của granit Pu Si Lung là 287 ± 8 Tr.n. và 260 ± 3 Tr.n. và của granit Kim Cương là 260 ± 10 Tr.n.. Như vậy tuổi thành tạo (kết tinh) của phức hệ granitoid Trường Sơn khoảng 260 ± 10 Tr.n., tương ứng với Permi muộn - Trias sớm (P_3-T_1).

Tổ hợp granitoid Trường Sơn nguồn vỏ lục địa (kiểu S-granit), được thành tạo trong môi trường địa động lực đồng va chạm mảng liên quan với quá trình gắn kết hợp nhất giữa địa khối Đông Dương (Indochina) và địa khu liên hợp Việt-Trung trong Permi-Trias được đánh dấu bằng sự kiện tạo núi Indosini (Indosinian Orogeny).

MỞ ĐẦU

Phức hệ granitoid Trường Sơn tuổi Paleozoi muộn được Nguyễn Xuân Tùng [trong 10] xác lập bao gồm các khối Kim Cương (Trường Sơn), Mường Xén (Tương Dương), Đồng Hới (Quảng Bình), Pu Si Lung (Mường Tè) và các khối nhỏ vệ tinh của chúng, có thành phần thạch học chủ yếu là granit, granodiorit và ít hơn có diorit thạch anh. Tuy nhiên, về thành phần thạch học và tuổi thành tạo của granitoid này vẫn còn nhiều ý kiến khác nhau. Fromaget [4, 5] đã liệt các khối granitoid Kim Cương và Đồng Hới vào “granit Hercyn”; Izokh [trong 3] xếp các khối Pu Si Lung, Mường Lát, Kim Cương, Đồng Hới cùng các khối granitoid giàu nhôm khác (như Phía Bioc, Tam Tao, Chợ Chu, Mường Tùng, Nậm Rôm, Kim Bôi ...) vào phức hệ Phía Bioc tuổi Trias muộn; Phan Viết Kỳ [trong 2] quan niệm phức hệ granitoid Trường Sơn chỉ gồm 2 khối Trường Sơn và Đồng Hới, có tuổi thành tạo là Paleozoi giữa-muộn (trước hệ tầng La Khê - $C_1 lk$), còn các khối Pu Si Lung và Mường Xén thuộc phức hệ Phía Bioc tuổi Trias muộn. Gần đây nhất, Trần Trọng Hoà và các đồng nghiệp [9] đã phân chia các khối granitoid Kim Cương, Mường Lát, Mường Xén, Đồng Hới và Hải Vân vào tổ hợp granit quá bão hòa nhôm, đồng va chạm, có tuổi thành tạo Trias sớm.

Nhằm góp phần làm chính xác hơn tuổi thành tạo của các khối granitoid Kim Cương, Pu Si Lung nói riêng và phức hệ Trường Sơn nói chung, bài báo này đưa ra các kết quả mới về tuổi đồng vị U-Pb trên zircon tách từ granitoid khối Kim Cương và Pu Si Lung.

I. ĐẶC ĐIỂM ĐỊA CHẤT, KHOÁNG THẠCH HỌC CỦA MẪU PHÂN TÍCH

1. Khối granitoid Pu Si Lung nằm ở bờ trái thượng lưu sông Đà, có dạng kéo dài theo hướng TB-ĐN, diện tích khoảng 800 km^2 . Thành phần thạch học chủ yếu gồm granodiorit biotit,

plagiogranit biotit, granit biotit và granit hai mica dạng porphyr. Trong pha đá mạch có granit sáng màu (leucogranit), granit aplit và pegmatoid. Trầm tích Silur-Devon hệ tầng Nậm Cười (S-D *nc*) để lại nhiều thể sót trong lòng khối. Đới tiếp xúc tạo bởi đá sừng cordierit giàu mica, ở phần rìa đới phát triển đá phiến đôm.

Đá granit biotit (mẫu MV.0708, tọa độ: 22°24'25"B-102°50'52"Đ) có độ hạt vừa, dạng porphyr yếu, khá sáng màu. Kiến trúc hạt nửa tự hình đặc trưng với thành phần khoáng vật (%) chủ yếu gồm feldpat kali (38), plagioclas (22), thạch anh (30), biotit (8), ít khoáng vật phụ và khoáng vật quặng (~ 2).

2. Khối granitoid Kim Cương (Trường Sơn) kéo dài theo hướng TB-ĐN dọc núi Rào Cọ, diện tích trên 500 km² (phần nằm ở lãnh thổ Việt Nam). Khối này xuyên cắt trầm tích lục nguyên tuổi Devon sớm-giữa, tạo vành biên chất tiếp xúc rộng gồm đá phiến mica chứa cordierit-fibrolit, đá sừng biotit có andalusit, sừng cordierit có pyroxen. Các dạng đá chủ yếu của khối gồm granodiorit biotit hạt nhỏ-vừa, granit biotit hạt vừa, đôi khi có dạng porphyr; giữa chúng có quan hệ chuyển tiếp về thành phần. Đôi nơi lượng muscovit thứ sinh tăng lên rõ rệt do feldpat bị muscovit hóa.

Đá granit biotit (mẫu MV.1106; tọa độ: 18°26'49"B-105°09'58"Đ) có độ hạt vừa-lớn, dạng porphyr rõ với các ban tinh chủ yếu là feldpat kali màu hồng nhạt, hồng thít. Đá có màu vừa do chứa nhiều biotit thường tập trung thành đám nhỏ phân bố đều trong đá. Cấu tạo khối, kiến trúc hạt nửa tự hình đặc trưng. Thành phần khoáng vật tạo đá tương tự như mẫu MV.0708 đã trình bày ở trên.

II. QUY TRÌNH TÁCH ZIRCON VÀ CHIẾT TÁCH U-Pb

Mẫu granit để phân tích có khối lượng khoảng 3 kg được đập và nghiền đến kích thước 0,5 mm, sau đó cho qua bàn đãi Wilfley để loại bỏ phần có kích thước nhỏ hơn và các khoáng vật có tỷ trọng nhẹ. Phần khoáng vật nặng được sấy khô rồi cho qua máy tách từ động lực Frantz để loại bỏ phần khoáng vật có từ tính ra khỏi mẫu. Zircon ở phần khoáng vật không từ tính được tách ra bằng cách sử dụng dung dịch nặng bromoform và diomethan. Cuối cùng, zircon được lựa chọn bằng tay dưới kính hiển vi nhằm loại bỏ các hạt có chứa bao thể và một số các đặc điểm khác như nhân tàn dư (zircon core)... gây ảnh hưởng đến kết quả phân tích. Zircon không từ tính được chọn để xác định tuổi. Các hạt zircon có cùng màu sắc, hình dạng và kích thước được phân thành một nhóm và tẩy rửa bằng axit loãng HCl, HNO₃ và nước cất. Tiếp theo, mỗi nhóm zircon được cho vào một ống nghiệm nhỏ bằng teflon và thêm vào đó 8-9 μg dung dịch vết (spike) chứa hỗn hợp ²⁰⁷Pb-²³⁵U. Các ống nghiệm chứa zircon và spike được đặt trên một giá tròn bằng nhựa teflon; giá này được đặt vào bom teflon với phần đáy bom là axit HF. Bom nhựa được đặt vào trong một bom bằng hợp kim chịu nhiệt độ cao và áp suất cao. Zircon hoà tan bằng hơi axit HF ở nhiệt độ từ 180-200°C với thời gian 6 ngày. Dung dịch thu được cho bay hơi ở nhiệt độ 80-90°C, phần rắn thu được cho hoà tan bằng axit HCl ở nhiệt độ 180°C trong vòng 1 ngày để chuyển hoá muối fluorur thành muối chlorur linh động và dễ hoà tan hơn. Các axit HCl và HNO₃ siêu sạch với nồng độ khác nhau được dùng để chiết tách U-Pb. Việc chiết tách này được thực hiện trong các ống nhựa nhỏ bằng teflon nhờ sự trao đổi ion với lớp nhựa AG1-X8 (100-200 mesh). Dung dịch U-Pb thu được đem sấy khô ở nhiệt độ thấp từ 75 đến 85°C. Các tỉ số đồng vị của U và Pb được đo trên khối phổ kế Finnigan Mat 262 ở chế độ tĩnh.

Toàn bộ quy trình thực nghiệm trên được thực hiện tại Phòng Thí nghiệm Địa hoá đồng vị phóng xạ, Viện Địa chất - Địa vật lý thuộc Viện Hàn Lâm Khoa học Trung Quốc.

III. KẾT QUẢ PHÂN TÍCH

1. Các hạt zircon tách từ mẫu MV.0708 (granit biotit) của khối Pu Si Lung có kích thước khá lớn (khoảng 100 μm), dạng lăng trụ dài, màu nâu sẫm, trong suốt và rất ít bao thể. 10 nhóm zircon có đặc điểm khác nhau được lựa chọn để phân tích bằng phương pháp U-Pb truyền thống. Các kết quả phân tích được liệt kê chi tiết trong Bảng 1 và được thể hiện trên biểu đồ concordia (Hình 2).

Bảng 1. Kết quả phân tích đồng vị TIMS U-Pb trên zircon của granitoid khối Pu Si Lung (MV.0708)

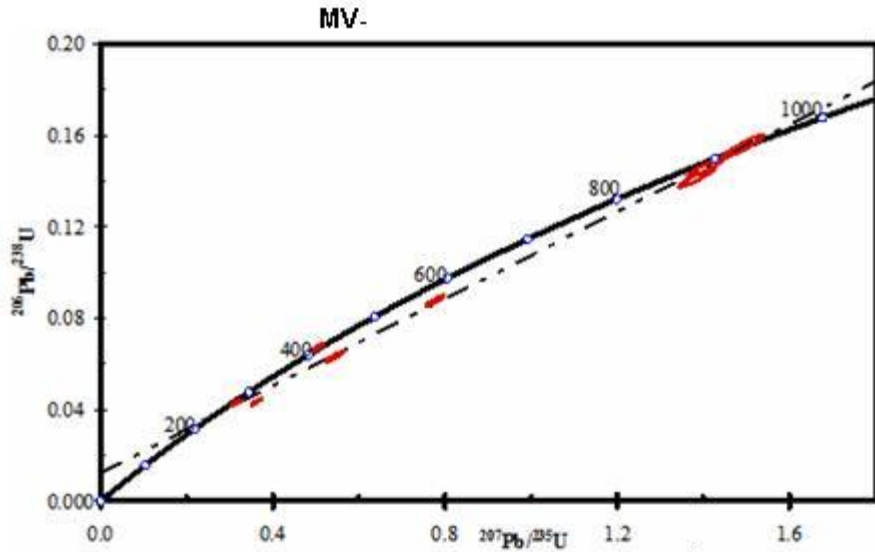
SH mẫu	Tỉ số $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	Sai số 2σ	Tỉ số $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	Sai số 2σ	Tuổi (Tr.n.) $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	Sai số 2σ	(Tuổi (Tr.n.) $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$)	Sai số σ
MV.0708	0,36219	2,2	0,04354	2,1	314	7	275	3
	0,29426	2,5	0,04148	2,5	262	5	262	3
	0,80416	2,4	0,09523	2,3	599	5	586	5
	0,42247	2,5	0,05621	2,0	358	5	353	3
	0,29312	2,4	0,04091	2,5	261	6	258	3
	1,48809	2,4	0,16411	2,5	926	5	980	8
	0,30443	2,2	0,04495	2,2	270	7	283	3
	2,20559	2,5	0,20656	2,6	1183	10	1210	11
	0,32400	2,4	0,04520	2,0	285	18	285	7

Trong số 10 điểm phân tích, 4 điểm nằm trên đường cong concordia và cho hai giá trị tuổi là 287 ± 8 và 260 ± 3 Tr.n. (mỗi giá trị tuổi có 2 điểm). Hai giá trị tuổi này có lẽ phản ánh thời điểm kết tinh của hai pha xâm nhập: pha sớm 287 Tr.n., pha muộn 260 Tr.n.. Do sự kết tinh nguội lạnh nhanh, zircon của pha sớm không bị tái nóng chảy mà được bảo tồn gần như nguyên vẹn trong granit của pha muộn. Như vậy, các giá trị tuổi 287 và 260 Tr.n. được xem như là tuổi kết tinh của granitoid khối Pu Si Lung.

Ngoài ra, 2 trong số 6 điểm còn lại nằm ở phía trên đường cong concordia và có giá trị tuổi $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ là 980 và 1210 Tr.n. (Hình 1). Điều này chứng tỏ có sự hỗn nhiễm với vật liệu vỏ trong quá trình đi lên của dung thể magma.

2. Các hạt zircon được tách ra từ granit biotit khối Kim Cương (mẫu MV.1106) có dạng lăng trụ, màu nâu sẫm và bị rạn nứt nhiều. 8 nhóm zircon được chọn để phân tích, các kết quả phân tích được trình bày trong Bảng 2 và thể hiện trên biểu đồ concordia (Hình 2).

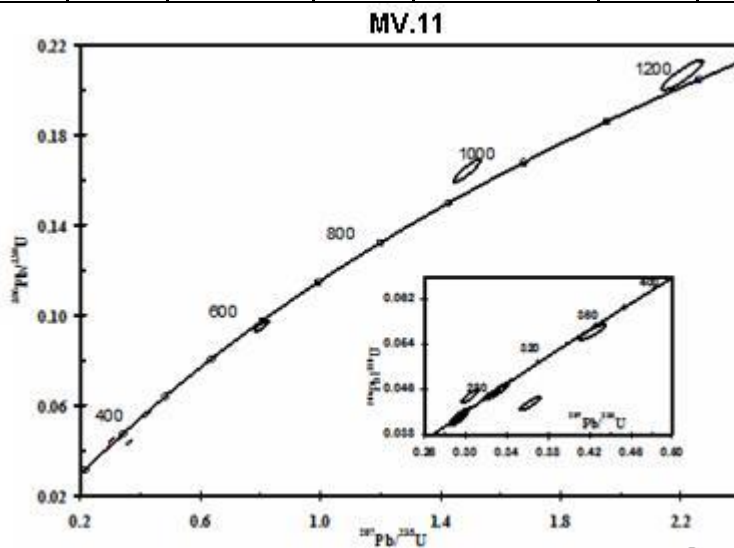
Phần lớn các điểm phân tích không nằm trùng trên đường cong concordia, chứng tỏ zircon đã trải qua nhiều quá trình địa chất khác nhau. Đường thẳng discordia xác định bởi 5 điểm phân tích cắt đường cong concordia tại 2 điểm có giá trị 260 ± 10 (điểm giao cắt dưới) và 950 ± 15 Tr.n. (điểm giao cắt trên) (Hình 3). Giá trị 260 Tr.n. được xem là tuổi kết tinh (thành tạo) của granitoid khối Kim Cương, còn giá trị 950 Tr.n. chỉ ra rằng zircon có chứa thành phần Pb cổ và được xem như tuổi vật liệu nguồn (tuổi nguồn) của dung thể magma nguyên sinh.



Hình 1. Biểu đồ concordia U-Pb zircon tách từ granit khối Pu Si Lung

Bảng 2. Kết quả phân tích đồng vị U-Pb zircon của granitoid Kim Cương (MV.1106)

SH mẫu	Tỉ số	Sai số	Tỉ số	Sai số	Tuổi (Tr.n.)	Sai số	(Tuổi Tr.n.)	Sai số
	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	2σ	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	2σ	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	2σ	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	σ
MV.1106	1,40782	2,6	0,14628	2,5	415	8	420	4
	1,49265	2,6	0,15526	2,6	277	5	271	2
	1,38466	2,5	0,14157	2,4	284	3	273	2
	0,77637	2,2	0,08769	2,1	311	9	273	3
	0,32315	2,5	0,04325	2,5	441	2	396	3
	0,35867	2,8	0,04321	2,4	892	3	880	7
	0,54354	3,2	0,06331	3,0	313	7	274	3
	0,36161	2,6	0,04345	2,6	927	7	930	8
	0,31300	2,6	0,04297	2,7	882	3	854	7



Hình 2. Biểu đồ concordia U-Pb zircon tách từ granit khối Kim Cương

IV. TRAO ĐỔI VÀ THẢO LUẬN

Theo tài liệu nghiên cứu trước đây, các khối granitoid Pu Si Lung và Kim Cương được xếp vào các tuổi thành tạo khác biệt (Trias muộn, Paleozoi muộn) tùy theo quan điểm và sự luận giải của từng tác giả, song chủ yếu dựa trên các quan hệ địa chất và tuổi đồng vị K-Ar.

1. Khối granitoid Pu Si Lung được Izokh E.P. [trong 3], Trần Đức Lương & Nguyễn Xuân Bao [8] xếp vào phức hệ Phia Bioc tuổi Trias muộn (sát trước Nori) dựa trên các cơ sở sau: granitoid của khối Pu Si Lung xuyên cắt và gây biến chất nhiệt mạnh (tạo đá sừng biotit, đá sừng đôm có cordierit) các trầm tích lục nguyên của hệ tầng Nậm Cười ($PZ_{1-2}nc$). Ở nhiều nơi (như Nậm Róm, Chợ Chu ...) bắt gặp thành tạo trầm tích chứa than của các hệ tầng Văn Lãng ($T_{3n-r}vl$), Suối Bàng ($T_{3n-r}sb$) chứa phong phú hoá thạch tuổi Nori-Ret phủ không chỉnh hợp trên granitoid phức hệ Phia Bioc (trong đó có khối Pu Si Lung).

Nguyễn Xuân Tùng [trong 10] xếp khối granitoid Pu Si Lung vào phức hệ Trường Sơn tuổi Paleozoi muộn (sát trước Carbon sớm) dựa trên những dẫn liệu sau: granodiorit của khối bị một mạch diorit amphibol có thạch anh (có lẽ thuộc phức hệ Điện Biên?) xuyên cắt rõ rệt. Theo đặc điểm khoáng thạch học và địa hóa, khối granitoid Pu Si Lung có nhiều nét tương đồng với các khối Mường Xén, Kim Cương, Đồng Hới (là tổ hợp granit-granodiorit phát triển ở độ sâu trung bình đến nông, phổ biến hiện tượng đồng hóa hỗn nhiễm đá vây quanh và các đá lai tính, có mặt plagioclas phân đới thuận và biotit giàu Fe-Ti...) có tuổi đồng vị K-Ar trên biotit trong khoảng 377-281 Tr.n., tương ứng với Paleozoi muộn.

Gần đây, Trần Trọng Hòa và đồng nghiệp [9] xếp khối Pu Si Lung cùng các khối Mường Lát, Tương Dương, Kim Cương, Đồng Hới và Hải Vân vào tổ hợp granit quá bão hòa nhôm (peraluminous) kiểu đồng va chạm (syn-collision) có tuổi Trias sớm. Căn cứ chủ yếu của sự phân chia này dựa trên sự tương đồng giữa các khối về kiểu đá, thành phần khoáng - thạch học, đặc điểm địa hóa - đồng vị và giá trị tuổi đồng vị Rb-Sr của granitoid Pu Si Lung là 259-265 Tr.n. [6].

Các giá trị tuổi đồng vị TIMS U-Pb zircon mới được xác định cho granit biotit khối Pu Si Lung (mẫu MV.0708) trong khoảng 287-260 Tr.n., khá phù hợp với giá trị tuổi đồng vị Rb-Sr (265-259 Tr.n.). Trên cơ sở đó, chúng tôi nhất trí với quan điểm của Trần Trọng Hòa và đồng nghiệp [9] cho khối granitoid Pu Si Lung đã được thành tạo (kết tinh) trong Permi muộn - Trias sớm, nguồn gốc vỏ, thuộc kiểu granit đồng va chạm mảng (syn-COLG), chỉ thị cho sự kiện tạo núi Indosini (Indosinian orogeny).

2. Khối granitoid Kim Cương trước đây cũng đã được Izokh [trong 3] xếp vào phức hệ Phia Bioc tuổi Trias muộn (cùng với các khối Đồng Hới, Mường Lát và Pu Si Lung) chủ yếu dựa trên quan hệ địa chất và thành phần khoáng - thạch học của chúng.

Sau đó, Nguyễn Xuân Tùng và Trần Văn Trị [7], Trần Đức Lương và Nguyễn Xuân Bao [8] đã gộp khối granitoid Kim Cương vào phức hệ Trường Sơn có tuổi Paleozoi muộn (sát trước Carbon sớm - aC_1) dựa trên các dẫn liệu sau:

a. Granitoid của khối xuyên cắt trầm tích lục nguyên hệ tầng Long Đại (O_3-Sld) tạo nên vành đai biến chất tiếp xúc rộng 2-3 km, được đặc trưng bởi các đá phiến mica có chứa cordierit, đá sừng andalusit-biotit, đá sừng cordierit-pyroxen. Đồng thời khối bị xuyên cắt bởi granitoid á núi lửa Trias giữa (kiểu Sông Mã) và các xâm nhập trẻ (kiểu Sông Chu - Bản Chiềng).

b. Ở phía đông khối, trong cuội-sạn kết đáy của hệ tầng La Khê (C_1lk) không bị biến chất có những hạt sạn feldpat hoàn toàn tương tự feldpat trong granitoid phức hệ Trường Sơn (Trần Tính, 1977; Nguyễn Quang Trung, 1981)

c. Có nhiều giá trị tuổi đồng vị K-Ar trên biotit của granitoid Kim Cương dao động trong khoảng 281-377 Tr.n. [7]. Trên cơ sở đó, các tác giả trên đã đi đến kết luận phức hệ granit-granodiorit Trường Sơn mang tính chất của xâm nhập “sinh núi muộn” phát triển ở giai đoạn cuối của chu kỳ địa mảng, sát ngay sau giai đoạn nghịch đảo vào cuối Devon - đầu Carbon, làm cho đới cấu trúc Trường Sơn thành cơ cấu uốn nếp Variscid thực thụ [7], tương đồng với granit tạo núi Hercyni (Hercynian Orogeny).

3. Theo nội dung trình bày ở trên, mặc dù còn có nhiều điểm chưa thống nhất, song giữa các tác giả có một nhận định chung là: granitoid các khối Pu Si Lung và Kim Cương khá tương đồng nhau về thành phần khoáng vật, thạch học và địa hóa, đặc trưng cho tổ hợp magma xâm nhập kiềm-vôi, quá bão hòa nhôm, cao kali, thấp calci, có nguồn gốc vỏ lục địa. Sự khác biệt chủ yếu giữa chúng nằm ở tuổi thành tạo (kết tinh) của granitoid, mà trước đây được xác định chủ yếu dựa trên quan hệ địa chất (tuổi tương đối) và giá trị tuổi đồng vị (tuổi tuyệt đối) hầu hết bằng phương pháp K-Ar. Cũng vì vậy, việc phân chia phức hệ, luận giải nguồn gốc và môi trường địa động lực còn thiếu sức thuyết phục.

Các giá trị tuổi đồng vị TIMS U-Pb zircon mới được xác định cho granitoid khối Pu Si Lung là 287-260 Tr.n. và khối Kim Cương là 260 ± 10 Tr.n. trình bày ở trên khá phù hợp với tuổi đồng vị Rb-Sr đã xác định cho granitoid Pu Si Lung [6], cho phép đi đến kết luận: granitoid khối Pu Si Lung và Kim Cương thuộc phức hệ Trường Sơn có tuổi thành tạo (tuổi kết tinh) khoảng 260 ± 10 Tr.n., ứng với Permi muộn - Trias sớm (P_3-T_1).

Những đặc điểm về cấu trúc - địa chất và thành phần vật chất (khoáng vật, thạch học, địa hóa) của granitoid phức hệ Trường Sơn tương đồng với magma có nguồn gốc vỏ lục địa thuộc kiểu S-granit, được thành tạo trong môi trường địa động lực đồng va chạm mảng thuộc kiểu granit đồng va chạm (syn-COLG), chỉ thị cho sự kiện tạo núi Indosini liên quan tới quá trình va chạm - gắn kết giữa địa khối Đông Dương với địa khu liên hợp Việt-Trung trong Permi-Trias.

Lời cảm ơn: Trong quá trình thu thập mẫu ngoài thực địa, có sự tham gia của các KS Trương Minh Toán, Nguyễn Đình Triệu, Phạm Ngọc Dũng và kỹ thuật viên Bùi Ngọc Huệ. Việc gia công mẫu được thực hiện bởi KS Ngô Thị Bích Hằng. Công việc phân tích và xác định tuổi đồng vị U-Pb tiến hành tại Phòng Thí nghiệm Địa hóa đồng vị, Viện Địa chất - Địa vật lý, Viện HLKH Trung Quốc dưới sự chỉ đạo của giáo sư Fukun Chen. Tập thể tác giả bày tỏ lòng cảm ơn chân thành tới các cá nhân và tập thể trên.

VĂN LIỆU

1. Bùi Minh Tâm (Chủ biên), 2008. Hoàn thiện thang magma Việt Nam theo quan điểm kiến tạo toàn cầu. *Lưu trữ Địa chất, Hà Nội.*

2. Đào Đình Thục, Huỳnh Trung (Đồng chủ biên), 1995. Địa chất Việt Nam. Tập II: Các thành tạo magma. *Cục Địa chất Việt Nam. Hà Nội.*

3. Dovjikov A.E. (Chủ biên), 1971. Địa chất miền Bắc Việt Nam. *Tổng cục Địa chất, Hà Nội (bản tiếng Việt).*

4. Fromaget J., 1941. L'Indochine Française, sa structure géologique, ses roches, ses mines et leurs relations possibles avec la tectonique. *Bull. Serv Géol. Indoch., XXXI/2. Hanoi.*

5. Fromaget J., Saurin E., 1952. Carte géologique de l'Indochine à l'échelle de 1 : 2.000.000. *Inst. Géograp. National. Paris.*

6. Nguyễn Văn Thành, Phạm Huy Học, Lê Quốc Hùng, 2005. Số liệu mới về tuổi đồng vị Rb-Sr của granitoid phức hệ Pu Si Lung. *Tt HNKH 60 năm ngành Địa chất Việt Nam, Hà Nội.*

7. Nguyễn Xuân Tùng, Trần Văn Trị (Đồng chủ biên), 1992. Thành hệ địa chất và địa động lực Việt Nam. *Viện Địa chất và Khoáng sản, Hà Nội.*

8. Trần Đức Lương, Nguyễn Xuân Bao (Đồng chủ biên), 1988. Bản đồ địa chất Việt Nam tỉ lệ 1: 500.000 kèm theo thuyết minh tóm tắt. *Tổng cục Mô - Địa chất, Hà Nội.*

9. Trần Trọng Hòa et al., 2008. Permo-Triassic magmatism and metallogeny of North Vietnam in relation to Emeishan plume. *Russian Geol. & Geophys., 49 : 480-491, Moskva.*

10. Trần Văn Trị (Chủ biên), 1977. Địa chất Việt Nam, Phần miền Bắc. *Viện Địa chất và Khoáng sản, Hà Nội.*