

Hoạt động magma Kainozoi TBVN trong mối liên quan với đới trượt cắt Sông Hồng

Trần Trọng Hòa¹, Trần Tuấn Anh¹, Phạm Thị Dung¹,
Phạm Ngọc Cẩn¹, A. Zelazniewicz²

¹Viện Địa chất, Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam

²Viện Khoa học Địa chất, Viện HLKH Ba Lan

Tóm tắt

Hoạt động magma liên quan đến đụng độ Ấn Độ - Âu Á vào Kainozoi trên lãnh thổ TBVN biểu hiện khá đa dạng và phức tạp. Dựa vào mối tương quan với hoạt động dịch trượt trái mạnh (35-22 triệu năm) dọc theo đới biến dạng - biến chất cao Sông Hồng, có thể phân chia 3 giai đoạn hoạt động magma: trước dịch trượt, đồng dịch trượt và sau dịch trượt. Hoạt động magma trước dịch trượt đặc trưng bởi sự hình thành các tổ hợp núi lửa - pluton mafic - felsic cao kali (siêu kiềm kali) và carbonatit với mức tuổi 42-35 triệu năm chủ yếu phát triển trên ranh giới giữa paleorift Sông Đà và khối nâng Phan Si Pan; đi kèm với chúng là khoáng hóa Cu-Au và đất hiếm- U-Th-F. Các thành tạo magma đồng dịch trượt (35-25 triệu năm) trong đới biến chất cao Sông Hồng bao gồm các thể xâm nhập nhỏ và đai mạch bị boudin hóa có thành phần chủ yếu lherzolite, websterite và gabro amphibol; trên khối nâng Phan Si Pan, các granit cao kali, giàu nhôm và nghèo Nb, Ta có nguồn gốc vô cũng thuộc giai đoạn này. Hoạt động magma sau dịch trượt (22-19 triệu năm) đặc trưng bởi các granit có đặc điểm địa hóa tương tự và aplit granit cũng như pegmatit cao nhôm trong đới cắt trượt Sông Hồng.

Các tổ hợp núi lửa - pluton được hình thành trước dịch trượt của đới Sông Đà bao gồm các thành tạo mafic (lamproite kiểu Địa Trung Hải, absarokite, minet) có mối liên quan chặt chẽ về không gian và nguồn gốc với trachyte và syenite cũng như carbonatit. Về mặt địa hóa, chúng thuộc loạt siêu kiềm kali (K_2O/Na_2O thường >2), giàu các nguyên tố đất hiếm, Rb, Sr, Zr, Th, U, song tương đối nghèo Ti, Nb, Ta và được hình thành từ dung thể magma nóng chảy từ vật chất manti đã bị biến chất trao đổi sâu. Các đá felsic kiềm là sản phẩm của quá trình phân dị từ các magma trên.

Các thể xâm nhập mafic và siêu mafic đồng dịch trượt trong đới Sông Hồng tạo thành một tổ hợp magma thống nhất lherzolite-websterite-gabro amphibol được hình thành trong 2 mức tuổi: 35 và 25 tr.n., ứng với độ sâu thành tạo khác nhau, trong đó các tổ hợp magma sớm được hình thành ở độ sâu và áp suất lớn hơn. Granit á kiềm cao nhôm (35 tr.n) của khối nâng Phan Si Pan về mặt địa hóa và đồng vị thể hiện là các granit có đặc tính pha trộn giữa kiểu I-, kiểu A- và kiểu S- granit, khá gần gũi với các thành tạo nguồn gốc vô.

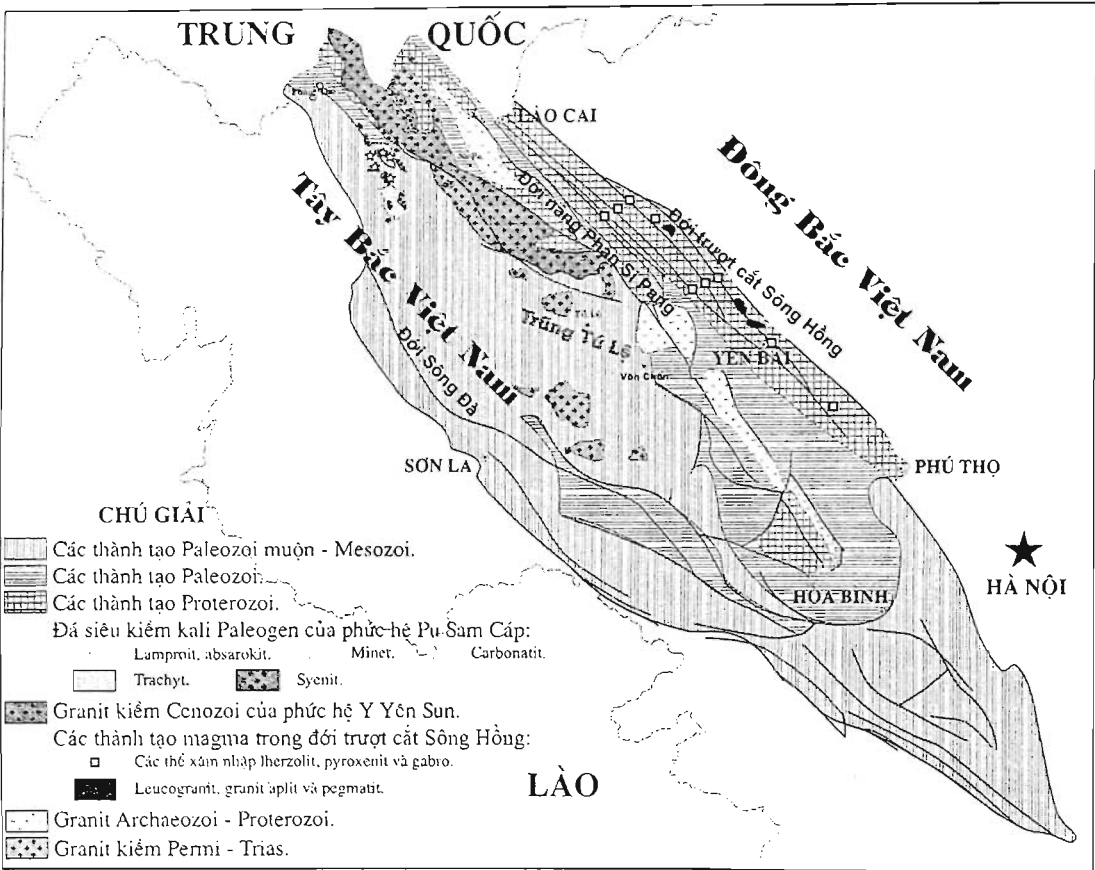
Granit, granit-aplit và pegmatit sau va chạm (24-19 tr.n.) chủ yếu mới thấy biểu hiện trong đới Sông Hồng. Các đặc trưng địa hóa, đồng vị (Sr, Nd) chứng tỏ chúng có nguồn gốc vô và được hình thành từ dung thể tái nóng chảy vật liệu trầm tích biến chất của móng Proterozoic.

Sự hình thành các tổ hợp núi lửa - pluton và pluton mafic - felsic Kainozoi ở TBVN được trình bày trong báo cáo này chứng tỏ chúng là sản phẩm của các hoạt động cặp đôi "tách giãn - nén ép" liên tục xảy ra trong quá trình đụng độ Ấn Độ - Âu Á với sự hình thành và tiến hóa của đới trượt lớn Ailao Shan-Sông Hồng trong Kainozoi.

1. Mở đầu

Hoạt động magma Kainozoi liên quan tới đại va chạm Ấn Độ - Âu Á được nhiều nhà địa chất khu vực và thế giới quan tâm nghiên cứu. Các tài liệu đó trước hết góp phần làm sáng tỏ quá trình hình thành và

tiến hóa của tạo núi Himalaya, mặt khác cho phép lý giải các vấn đề nguồn gốc của các kiểu quặng hóa Cu. Cu-Au, Cu-Mo-Au porphyry rất phổ biến trong các cấu trúc liên quan tới đại dụng độ này [8, 31]. Một trong các yếu tố cấu trúc quan trọng của đai va chạm Ấn Độ - Âu Á là sự hình thành đới dịch trượt lớn Ailao Shan - Sông Hồng có chiều dài khoảng 1000 km từ Tibet (Trung Quốc) đến vịnh Bắc Bộ (Việt Nam) [21, 28] với 4 đoạn (segment) khác nhau. Trong Cenozoic, địa khối Đông Dương đã được dịch chuyển dọc theo đới trượt cắt này về phía đông nam so với khối Nam Trung Hoa. Về thời gian và biên độ dịch trượt cho đến nay còn chưa có sự thống nhất. Tuy nhiên, nhiều nhà nghiên cứu cho rằng thời gian xảy ra dịch chuyển mạnh với sự hình thành các đai biến chất nhiệt độ áp suất cao (tướng granat-amphibolit và granulit) xảy ra trong khoảng 35-22 triệu năm, còn biên độ dịch trượt có thể đến 500 - 700 km [21, 5, 32].



Hình 1. Sơ đồ phân bố các thành tạo magma Cenozoic trên lãnh thổ TBVN

Trên lãnh thổ Việt Nam, hoạt động magma Cenozoic liên quan với va chạm Ấn Độ - Âu Á gắn liền với sự hình thành và tiến hóa của đới Sông Hồng và các cấu trúc kề cận (Phan Si Pan, Sông Đà) [1, 2, 10, 13, 19, 25]. Hoạt động magma mafic kiềm cao kali trên ranh giới giữa cấu trúc Sông Đà và Phan Si Pan, TB Việt Nam tuổi Paleogen - Neogen cũng có những đặc điểm tương tự như các hoạt động magma ở Pamir (phức hệ Bargan, Kyzylrabat, Dunkeldyk) [23] và Tibet [5, 22]. Những tư liệu này cho phép phân chia được một đại hoạt động magma cao kali Cenozoic liên quan tới các quá trình va chạm và lãnh thổ Việt Nam (cá biệt là TBVN) trở thành một mắt xích của chuỗi sự kiện magma đặc thù này. Theo các nghiên cứu gần đây, các hoạt động magma Cenozoic trong phạm vi đới biến chất áp suất - nhiệt độ cao Sông Hồng cũng như trong các cấu trúc Phan Si Pan và Sông Đà kề cận, dựa theo mối tương quan với hoạt

động chuyển dịch mạnh dọc theo đới Sông Hồng (35-22 tr.n.), có thể phân chia thành 3 giai đoạn: trước dịch trượt (42-35 tr.n.), đồng dịch trượt (35-25 triệu năm) và sau dịch trượt (22-19 tr.n.). Các thành tạo magma hình thành trước dịch trượt bao gồm: các tổ hợp núi lửa - pluton mafic kiềm kali và siêu kiềm kali (lamproit, absarokit, minet) và felsic kiềm (trachyte, granosyenit, syenit) [13]. Tuổi thành tạo của các tổ hợp magma này chủ yếu nằm trong khoảng 42-35 triệu năm [1, 10]. Các thành tạo magma đồng dịch trượt (35-25 tr.n.) trong đới Sông Hồng chủ yếu là các thể xâm nhập mafic - siêu mafic (lherzolit, vebsterit, gabro amphibol) [19], còn trên đới Phan Si Pan là granit sáng màu á kiềm kiểu Yê Yên Sun (35 tr.n.) [26]. Biểu hiện của hoạt động magma sau dịch trượt chủ yếu quan sát được trong đới Sông Hồng dưới dạng các đai mạch mafic (dolerit) không bị biến dạng và các thể nhỏ granit sáng màu hoặc các mạch granit aplit, granit pegmatite có tuổi đồng vị biến thiên trong khoảng 24-19 triệu năm [13]. Vị trí phân bố của các thành tạo magma Cenozoic TBVN được biểu diễn trên hình 1.

Trong bài viết này, các tác giả muốn trình bày một cách tóm tắt về hoạt động magma giai đoạn trước dịch trượt và đồng dịch trượt trong các cấu trúc địa chất chịu ảnh hưởng trực tiếp hoặc gián tiếp của quá trình hình thành và phát triển đới dịch trượt Ailao Shan - Sông Hồng trong mối liên quan với va chạm Ấn Độ - Âu Á. Các thành tạo magma được hình thành sau dịch trượt được giới thiệu trong một bài viết khác [Trần Tuấn Anh và nnk, 2009, trong Tuyển tập này].

2. Hoạt động magma trước dịch trượt: các tổ hợp núi lửa - pluton siêu kiềm kali vùng Pu Sam Cáp

2.1. Phân bố và cấu tạo địa chất

Hoạt động magma kiềm kali và siêu kiềm kali lộ ra rộng rãi nhất ở các vùng Tam Đường và Pu Sam Cáp (Lai Châu), về mặt địa chất, thuộc cánh tây bắc của đới cấu trúc dạng rift Sông Đà. Diện lộ chủ yếu của chúng thể hiện dưới dạng các trường đá núi lửa Sin Cao - Pỉnh Hồ và Đông Pao. Ngoài ra còn gặp rải rác dọc các đứt gãy địa phương từ Tam Đường đến Phong Thổ. Theo các nghiên cứu của [1, 8, 13, 25] chúng thuộc về các tổ hợp đá sau: 1) lamproit, absarokit, minet, shonkinit, thường được mô tả trong phức hệ Pu Sam Cáp; 2) trachyt-trachyryolit, syenit-granosyenit, thường được mô tả trong hệ tầng Pu Tra và phức hệ Pu Sam Cáp [3, 7]. Riêng lamproit còn tạo thành những thể xâm nhập dạng hòng có kích thước nhỏ. Chúng thường gặp trong các trầm tích carbonat Trias mà điển hình là các thể xâm nhập Cốc Pía, Si Ma Khang [9], Phan Si Hoa [4].

Các đai mạch minet, monchikit và camptonit thường gặp trong các trầm tích lục nguyên tuổi Trias muộn và Creta. Một trong những đai mạch điển hình là đai mạch minet Nậm Cây xuyên cắt trầm tích lục nguyên tuổi Creta ở TB Tam Đường, vùng Phong Thổ có chiều dày tới 7,5 m và cấu thành chủ yếu từ tổ hợp cộng sinh $Cpx + Phl + San$. Monchikit gặp trong khối xâm nhập dạng hòng Cốc Pía và trong vùng ống nổ Pỉnh Hồ; camptonit gặp dưới dạng đai mạch trong trầm tích Trias thượng (vùng Đông Pao), còn shonkinit chỉ gặp dưới dạng đai mạch trong syenit sẫm màu khối Cuồn Há ở ĐN trường núi lửa Pu Tra.

Các đá núi lửa thành phần trachyt ở hai trường phân bố Sin Cao và Đông Pao đều khá giống nhau. Rất phổ biến các tuf khối tầng, tuf aglomerat và tuf sạn kết.

Tuổi đồng vị (Rb-Sr và Ar-Ar) của lamproit (42-35 Tr.n.), trachyt và syenit (35-30 Tr.n.) ứng với Paleogen [10, 13] cho phép gắn sự hình thành các tổ hợp mafic và felsic kiềm kali và siêu kiềm kali vùng Pu Sam Cáp với hoạt động tách giãn nội mảng liên quan đến quá trình va chạm Ấn Độ - Âu Á trong Cenozoic sớm và xảy ra trước dịch trượt trái mạnh dọc theo đới đứt gãy Sông Hồng.

2.2. Thạch học - khoáng vật

Lamproit chủ yếu thuộc 2 biến loại: lamproit Ol-Cpx và lamproit Cpx-Phl. Các đá có tổ hợp cộng sinh khá ổn định: $Ol + Cpx + Phl + San \pm Leu$. Ol, Cpx và Phl thường gặp cả trong thành phần ban tinh và nền. Sanidin và leucit chỉ gặp dưới dạng khoáng vật nền. Khoáng vật phụ phổ biến là chromspinel, ilmenit, apatit, zircon, rutil. Kiến trúc đá chủ yếu là porphyr hoặc dạng porphyr với nền từ gần aphanit đến microlit giống như dolerit. Trong lamproit của các khối xâm nhập, độ kết tinh của nền đá tốt hơn, song không gặp các kiến trúc xâm nhập thực thụ - kiến trúc toàn tinh tự hình.

Absarokit có tổ hợp cộng sinh khoáng vật gần tương tự lamproit Cpx – Phl. Về mặt kiến trúc có thể phân biệt lava absarokit, tuf lava và phổ biến bom núi lửa. Trong absarokit rất hiếm khi gặp olivin, nếu có thì cũng đã bị serpentin hóa hoàn toàn. Đôi chỗ, Ol trong absarokit thể hiện như là khoáng vật ngoại lai. Trong nền của absarokit đôi khi gặp plagioclas.

Nhóm *lamprophyr* bao gồm chủ yếu minet, ít hơn có monchikit và camptonit, trong đó minet thuộc nhóm siêu kiềm kali, còn monchikit và camptonit - kali-natri. Minet có độ kết tinh tương đối tốt với tổ hợp cộng sinh: Cpx + Phl + San, trong đó các ban tinh chủ yếu là Cpx, đôi khi là Phl. Sanidin tạo thành các tinh thể dạng tấm kéo dài, sắp xếp song song với tiếp xúc của đai mạch với đá vây quanh. Monchikit là các đá giàu Cpx, về thành phần gần gũi với pyroxenit kali. Đá có kiến trúc dạng porphyr rõ rệt với ban tinh chủ yếu là Cpx, thường cụm lại thành từng đám lớn trên nền hạt nhỏ-mịn bao gồm chủ yếu là Cpx, một ít Phl và San. Camptonit có tổ hợp cộng sinh: Phl + Cpx + San + Pl, trong đó ban tinh chủ yếu là Phl, nền bao gồm Phl – San – Pl – Cpx.

Nhóm *trachyt* trong hệ tầng Pu Tra thường có kiến trúc tuf với thành phần mảnh vụn khá phức tạp: trachyt, các mảnh đá silic, cát kết... Nền là lava trachyt hoặc tuf trachyt hạt nhỏ-mịn xen lẫn một ít thủy tinh. Thành phần khoáng vật của trachyt chủ yếu gồm felspat kali, albit, clinopyroxen, biotit. Khoáng vật phụ phổ biến là apatit, zircon, fluorit, đôi khi có granat.

Syenitoid có thành phần khá đa dạng, bao gồm các biến loại từ syenit sẫm màu, syenit pyroxen-amphibol-biotit đến syenit chứa granat và granosyenit sáng màu có chứa một ít biotit. Trong khối Cuôn Há còn gặp các đá sẫm màu tương tự như shonkinit. Tổ hợp cộng sinh khoáng vật: Fsp + Pl + Cpx ± Amf + Bi ± Gr. Trong shonkinit có thể gặp Ol.

2.3. Địa hóa - đồng vị

Về thành phần hóa học, các đá mafic kiềm kali và siêu kiềm kali rift Sông Đà đều thuộc nhóm đá cao magnesi, cao kiềm và thấp titan. Tuy nhiên, giữa các đá lamproit, absarokit và minet có những điểm khác biệt khá rõ rệt thông qua các giá trị thống kê [9] và có thể tóm tắt như sau:

Lamproit đặc trưng có hàm lượng MgO cao (Mg# 85-95), thường là cao nhất trong nhóm đá mafic, trong đó lamproit Ol-Cpx có hàm lượng MgO (11-12%) cao hơn so với lamproit Cpx-Phl (MgO = 8-9%). Cả 2 kiểu lamproit này hầu như không khác nhau về hàm lượng của Ti, Al, Fe và Ca. Hàm lượng tổng kiềm ($K_2O + Na_2O$) trong lamproit thường > 7% và xét theo tương quan K_2O/Na_2O (> 2), chúng thuộc loại siêu kiềm kali.

Absarokit nghèo magnesi, song giàu nhôm và calci. Hàm lượng MgO trung bình trong absarokit dao động trong khoảng 6,7-8,9%, hàm lượng Al_2O_3 = 12-13%. So với lamproit, absarokit giàu tổng kiềm hơn (7,5-8,1%) và cũng thuộc loại siêu kiềm kali.

Minet có thành phần hóa học khá đồng nhất, rất giàu kali, giàu nhôm, silic và nghèo magnesi: hàm lượng K_2O trung bình đạt 6,7%, Al_2O_3 trung bình: 16,14%, SiO_2 trung bình: 55,07%, còn hàm lượng MgO trung bình chỉ 5,17%. Xét theo tương quan K_2O/Na_2O , minet cũng thuộc loại siêu kiềm kali.

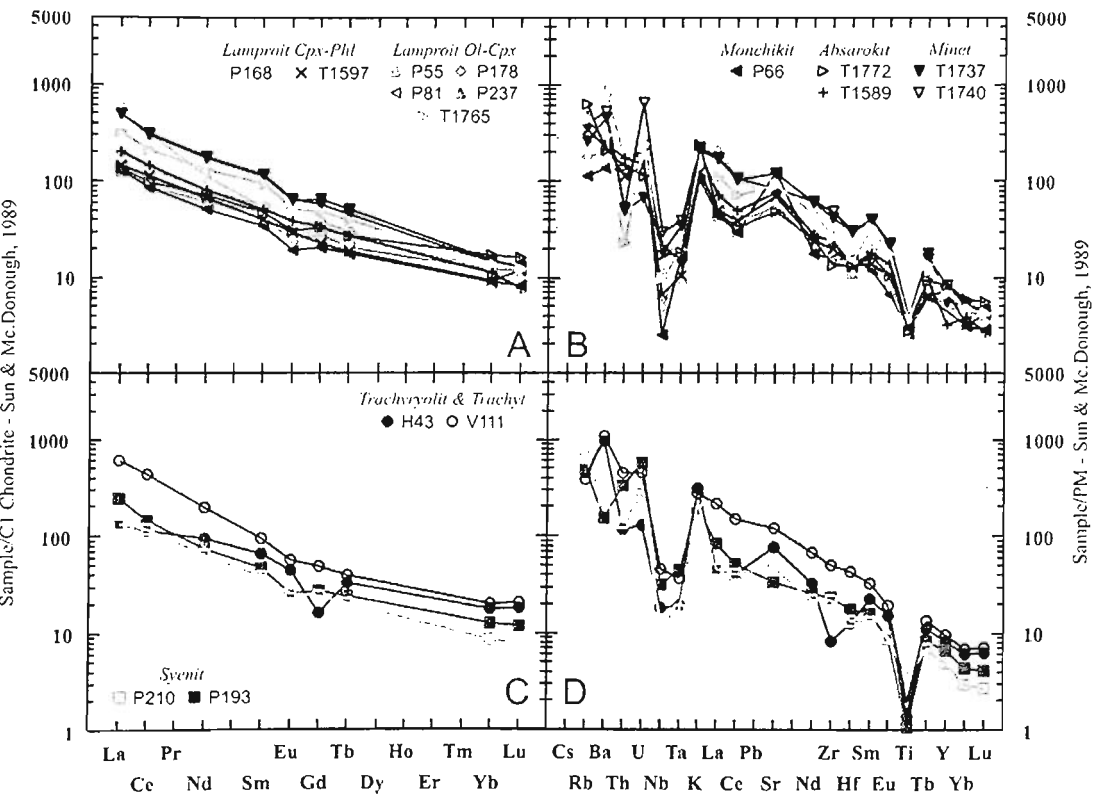
Camptonit gần gũi với minet ở hàm lượng Si, Al, Ca song khác ở chỗ có hàm lượng Mg, Na cao hơn, K thấp hơn, thuộc loại shoshonit ($1 < K_2O/Na_2O < 2$). Theo các tương quan khác, như $CaO-SiO_2$, Mg# - SiO_2 và $(K_2O + Na_2O)/Al_2O_3$, chúng tương tự absarokit. *Monchikit* có thành phần hóa học gần gũi với lamproit ở hàm lượng Mg, Ti, Al song khác là có hàm lượng Ca cao và rất cao, trong khi độ kiềm rất thấp.

Đặc điểm phân bố nguyên tố hiếm vết được thể hiện trên các biểu đồ giá trị chuẩn hóa theo thành phần của chondrit và manti nguyên thủy theo [27] (hình 2A-B). Nhóm các đá núi lửa-pluton mafic kiềm và siêu kiềm kali đều tương đối giàu các nguyên tố Ni, Cr, Rb, Sr, Ba, Zr, Th, U và đất hiếm nhẹ; nghèo Nb, Ta, Hf. Tỷ lệ La/Nb , La/Sm_N , Ce/Yb_N cao cũng như đường cong phân bố đất hiếm dốc chứng tỏ quá trình tách ly của các hợp phần sẫm màu trong dung thể có vai trò rõ rệt. Đặc điểm nghèo Nb, Ta, Ti (hình 2B) biểu hiện rõ rệt ở các dị thường âm trên biểu đồ chuẩn hóa theo thành phần của manti nguyên thủy thường được cho là liên quan tới quá trình hút chìm. Sự đồng nhất về hình dạng các biểu đồ và giá trị chuẩn hóa

của đất hiếm (thường vượt so với chondrit 200-1000 lần) và nguyên tố hiếm của các đá mafic kiềm kali và siêu kiềm kali chứng tỏ chúng hình thành từ chất nguồn giàu gill.

Các đá núi lửa và xâm nhập felsic kiềm ở các vùng khác nhau cũng có những đặc điểm địa hóa tương tự như các đá mafic: giàu Ba, Sr, Zr, Th, U và các nguyên tố đất hiếm nhẹ, nghèo Nb, Ta. Đặc điểm đường cong phân bố đất hiếm và nguyên tố hiếm của chúng (hình 2C-D) gần như trùng với các đá mafic với độ lệch không đáng kể, biểu hiện dị thường âm Eu rõ rệt hơn. Các tỷ lệ La/Nb , Zr/Hf , La/Sm_N và Ce/Yb_N trong trachyt và syenit cũng tương tự như trong các đá mafic kiềm kali và siêu kiềm kali. Điều đó phản ánh mối liên quan nguồn gốc của chúng.

Kết quả phân tích đồng vị Sr và Nd trong một số mẫu lamproit cho thấy chúng đặc trưng có tỷ lệ $^{87}Sr/^{86}Sr$ nguyên thủy khá cao (0,706585-0,707521), tỷ lệ $^{143}Nd/^{144}Nd$ thấp (0,512336-0,512450) với ϵNd biến thiên trong khoảng từ -0,76 đến -4,0. Bằng phương pháp đẳng thời Rb-Sr cũng xác định được tỷ lệ nguyên thủy $^{87}Sr/^{86}Sr$ của lamproit Đông Pao (42 Tr.n.) và minet Nậm Cáy (40 Tr.n.) là 0,7069 và 0,7056. Các đặc điểm đồng vị này đặc trưng cho các sản phẩm của nguồn manti giàu kiểu II [1, 10]. Theo [3], tỷ lệ đồng vị $^{87}Sr/^{86}Sr$ nguyên thủy của trachyt và syenit vùng Pu Sam Cáp là 0,7072 hoàn toàn gần gũi với đặc điểm đồng vị của lamproit và khẳng định thêm tính cùng nguồn giữa chúng.



Hình 2. Đặc điểm phân bố đất hiếm chuẩn hóa theo chondrit và nguyên tố hiếm chuẩn hóa theo manti nguyên thủy của các đá mafic (A-B) và felsic (C-D) vùng Pu Sam Cáp. [1, 9, 10, 13].

Chú giải: Sìn Cao: P-178, P168, T1772, T1589, T1597, P193, P210; Cốc Pía : P-55, P-81, P-66, T1765; Si Ma Khang: P-237; Nậm Cáy: T1737, T1740; Pu Sam Cáp: V111; Tam Đường: H43.

3. Hoạt động magma đồng dịch trượt trên đới nâng Phan Si Pán và đới trượt ép Sông Hồng

3.1. Granitoid phức hệ Yê Yên Sun

* Địa chất

Phức hệ chỉ gồm một khối granitoid duy nhất kèm theo các thể vệt tinh nhỏ, đó là khối Yê Yên Sun. Khối Yê Yên Sun phát triển theo hướng TB-ĐN, dài tới 140 km (từ biên giới Việt-Trung đến vùng thượng nguồn Nậm Qua, TN Văn Bàn), hơi phình ra ở hai đầu và thót lại ở giữa, diện tích gần 1,000 km². Thành phần thạch học chủ yếu của khối gồm granosyenit biotit-amphibol, granit biotit-amphibol, granit biotit và granit sáng màu. Quan hệ giữa các loại đá này chưa rõ ràng, có thể chuyển tiếp với nhau. Các loại đá trên bị xuyên cắt bởi hệ thống các mạch granit aplit, aplit và granit pegmatit với mật độ khá cao. Tuy nhiên, những nghiên cứu gần đây đã khẳng định được rằng, tham gia vào cấu tạo khối Yê Yên Sun có các granitoid với đặc tính địa hóa khác nhau và tuổi khác nhau [2, 13, 14], và đòi hỏi cần có sự nghiên cứu chi tiết thêm để khoanh định riêng diện phân bố của chúng. Theo các tác giả này, granitoid thuộc phức hệ Yê Yên Sun tuổi Kainozoi chỉ là các granit biotit và granit sáng màu có đặc trưng giàu Al, giàu K, cao Ba song nghèo Nb-Ta-Zr, còn các biến loại nghèo Al, giàu K và Nb-Ta-Zr là thuộc về hoạt động magma Permi - Trias.

Các giá trị tuổi đồng vị phóng xạ (K-Ar) của granit phức hệ Yê Yên Sun nằm trong khoảng 41-52 Tr.n. [7] và 35 Tr.n. [29] ứng với Eocen. Điều này phù hợp với kết quả phân tích tuổi đồng vị (U-Pb) của titanit trong granit sáng màu (loại nghèo Nb-Ta-Zr) khối Jinping (phần kéo dài của khối Yê Yên Sun trên lãnh thổ Trung Quốc [30]). Sự thành tạo granit Yê Yên Sun (35 Tr.n.) được gắn với hậu quả của va chạm Ấn Độ - Âu Á trong Kainozoi, cá biệt, với hoạt động dịch trượt dọc theo đới Sông Hồng [13].

* Thạch học - khoáng vật

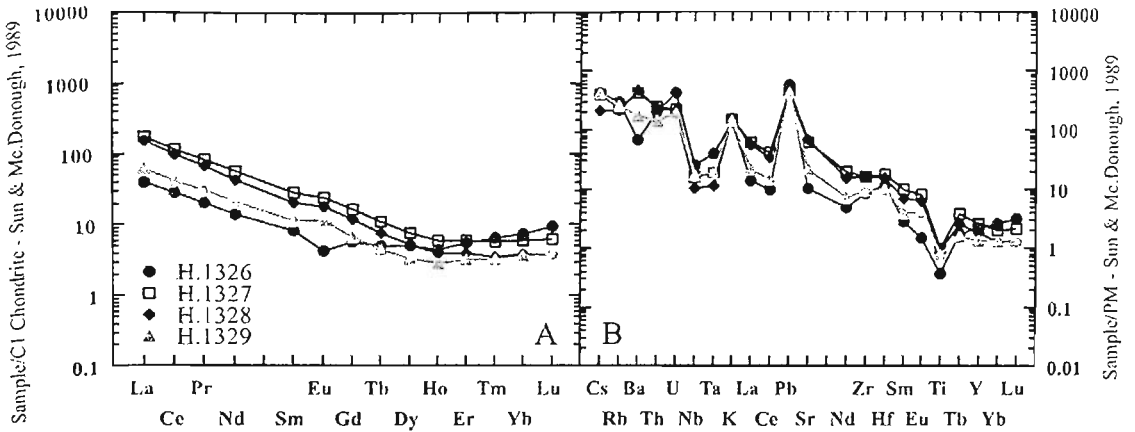
Granit biotit là loại đá phổ biến nhất. Đá thường có độ hạt vừa đến nhỏ, bị ép mạnh có dạng gneis. Đá được đặc trưng bởi hàm lượng gần tương đương giữa feldspat kali và plagioclas (tương ứng với monzogranit) và thành phần khoáng vật màu đa phần là biotit, rất ít hoặc không chứa amphibol. Thành phần khoáng vật (%): feldspat kali (35-37), plagioclas (26-35), thạch anh (32-35), biotit (6-7), vôi vảy muscovit, một ít khoáng vật phụ (apatit, zircon, sphen, orthit) và khoáng vật quặng (ilmenit, magnetit, molybdenit).

Granit sáng màu hạt nhỏ dạng aplit là loại đá mạch khá phổ biến, có bề dày thay đổi từ vài centimet đến hàng mét, kéo dài hàng trăm mét. Có nơi các mạch granit aplit phát triển dày đặc như ở Seo Mi Tỷ, Đèo Mây, với diện tích tới hàng km².

* Địa hóa - đồng vị

Thành phần hóa học của granitoid Yê Yên Sun khá phức tạp song chủ yếu thuộc loại granit với hàm lượng SiO₂ biến thiên trong khoảng 70-75%, lượng Al₂O₃ từ 15 đến 16,5%, tổng kiềm cao (Na₂O + K₂O = 8-9%) với tương quan K₂O/Na₂O tương đương nhau [13]. Chúng khá giàu Ba (340-3300 ppm), nghèo các nguyên tố đất hiếm và nguyên tố có trường lực cao (Nb, Ta, Zr). Đặc điểm phân bố đất hiếm khá đặc biệt: không có dị thường âm Eu hoặc biểu hiện nhẹ (hình 3A) và chỉ vượt các giá trị chondrit khoảng 100-200 lần (đối với nguyên tố nhẹ) tương tự như các đá loại kiềm vôi. Biểu hiện nghèo Nb, Ta, Zr rất rõ trên biểu đồ chuẩn hóa theo thành phần manti nguyên thủy (hình 3B). Các tỷ lệ Nb/Y, La/Yb, Th/U trong các granit Yê Yên Sun cũng gần gũi với granitoid loại kiềm vôi cao K. Trên biểu đồ phân biệt bởi cảnh kiến tạo theo [24] (không thể hiện ở đây), granit Yê Yên Sun rơi vào trường của granit kiểu cung núi lửa. Những đặc điểm này làm cho chúng hoàn toàn khác biệt với granit giàu Nb-Ta-Zr cũng được thể hiện trong khối Yê Yên Sun trên tất cả các bản đồ địa chất hiện có.

Tỷ lệ đồng vị Sr⁸⁷/Sr⁸⁶ của granitoid giàu Nb-Ta-Zr khối Yê Yên Sun khá cao (0,7085-0,7157); Nd¹⁴³/Nd¹⁴⁴ = 0,51246-0,51251 với e^(t)_{Nd} = -1,71 đến 2,83 [20]. Các nghiên cứu về đặc điểm đồng vị của granit nghèo Nb-Ta-Zr khối Yê Yên Sun cho thấy tỷ lệ ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr cao hơn - 0,7288-0,7347 [4] với ε_{Nd}(t) tập trung trong khoảng từ -4,68 đến -4,84 [13] chứng tỏ sự gần gũi với granitoid nguồn gốc vôi.



Hình 3. Đặc điểm phân bố các nguyên tố hiếm-vết trong granit Yên Yên Sun chuẩn hóa theo thành phần của chondrit (A) và manti nguyên thủy (B). Các mẫu H.1326-1329 là granit hạt nhỏ sáng màu (chứa biotit 5-7%) được thu thập ở phía tây Ô Quy Hồ (đỉnh đèo Hoàng Liên Sơn). Số liệu phân tích mẫu để xây dựng biểu đồ được lấy từ [13].

3.2. Các xâm nhập lherzolit - websterit - gabbro đới trượt cắt Sông Hồng

Trong đới trượt cắt Sông Hồng khá phổ biến các thành tạo mafic - siêu mafic trong các đá biến chất tuổi Proterozoic thuộc các hệ tầng Ngòi Chi và Núi Con Voi và được coi là sản phẩm của hoạt động magma manti biểu hiện đồng thời với giai đoạn dịch chuyển mạnh của đới Sông Hồng (35-25 Tr.n.) [13].

* Phân bố và cấu tạo địa chất

Các xâm nhập mafic - siêu mafic trong đới Sông Hồng có thành phần khá đa dạng, gồm lherzolit spinel, websterit chứa olivin-spinel và gabbro amphibol. Kết quả khảo sát theo các mặt cắt ngang qua đường phương của đới Sông Hồng ở các vùng Bảo Yên - Bảo Hà, Mậu A - Tân Nguyên, Yên Bái, Yên Kiên (Việt Trì), núi Gôi (Nam Định) cho thấy, trong diện lộ của plagiogneis gặp vô số các thể dạng thấu kính nhỏ nằm giả chỉnh hợp hoặc xuyên cắt rõ rệt đá gneis vây quanh, có khi tạo thành từng cụm, mỗi cụm gồm vài thể. Các thể này, theo mọi dấu hiệu về cấu trúc và thành phần có thể coi là các khúc dồi - kết quả của hoạt động biến dạng dẻo trong plagiogneis xảy ra muộn hơn, vào Kainozoi sớm. Chiều dày của mỗi thể thường khoảng vài mét, có khi tới hàng chục, thậm chí hàng trăm mét. Theo kết quả khảo sát gần đây, các thể có thành phần chủ yếu siêu mafic (lherzolit và websterit) tập trung ở vùng trung tâm (đọc theo mặt cắt Mậu A - Tân Nguyên; vùng Làng Chàng; Km 8 Yên Bái), còn các thể gabbro amphibol (và hornblendit) hoặc diorit thường gặp ở hai mút ĐN và TB của dãy Núi Con Voi.

Tại mặt cắt Mậu A - Tân Nguyên đã gặp một số thể đá có thành phần phức tạp: lherzolit, websterit chứa olivin và spinel, gabbro sẫm màu và gabbro amphibol [12]. Trong mặt cắt theo đường Bảo Yên - Bảo Hà, cách thị trấn Phố Ràng 9 km, gặp các lớp kẹp amphibolit granat có tính phân lớp biến chất trong gneis biotit-sillimanit-granat với các thể migmatit. Các đá này cùng với gneis tạo thành các nếp uốn nhỏ phức tạp, vì thế có thể coi chúng là thành tạo biến chất (para-amphibolit). Cũng tại đây gặp metagabbro cấu tạo khối chứa granat có chứa pyrrhotin, chalcopyrit dạng xâm tán nhỏ với các tinh thể biotit dạng khám poikilit. Theo thành phần hóa học, chúng tương ứng với gabbro á kiềm (monzogabbro), đặc trưng cao TiO_2 và K_2O [19].

Kết quả phân tích tuổi đồng vị bằng phương pháp Ar-Ar cho 2 khoảng giá trị $35,5 \pm 1$ đối với websterit, gabbro amphibol chứa granat và $25 \pm 1,6$ Tr.n. đối với hornblendit tương ứng với Oligocen [13],

19], có nghĩa là trùng về thời gian với hoạt động dịch trượt mạnh dọc theo đới đứt gãy Sông Hồng. Monzogabbro bị các mạch granit pegmatit chứa granat-cordierit muộn hơn xuyên cắt. Tuổi đồng vị của granit pegmatit được xác định theo đơn khoáng plagioclas bằng Ar-Ar là $20 \pm 0,9$ Tr.n. ứng với Miocen sớm [13].

* Thạch học - khoáng vật

Dựa vào các đặc điểm thạch học - khoáng vật và địa hóa, có thể phân biệt một số nhóm đá: peridotit và peridotit amphibol (lherzolit và srisgeimit), pyroxenit (websterit olivin, websterit, websterit chứa granat và websterit hạt lớn chứa orthopyroxen dạng poikilit), gabbro amphibol, gabbro-dolerit amphibol và metamonzogabbro.

Lherzolit đặc trưng bởi tổ hợp cộng sinh khoáng vật: Ol + Opx + Cpx + Amf + Sp; trong chúng không thấy plagioclas và khoáng vật này chỉ xuất hiện trong websterit. Trong lherzolit cũng không gặp granat, thường chỉ đặc trưng bởi spinel. Gabbro amphibol có 2 kiểu: kiểu chứa granat và kiểu không chứa granat. Thành phần khoáng vật chủ yếu của chúng bao gồm plagioclas + amphibol $\pm$ pyroxen $\pm$ biotit $\pm$ granat.

Olivin trong lherzolit có thành phần tương ứng với chrysolit ($f = 17-27$), hàm lượng CaO thấp, hàm lượng NiO khá cao (0,17-0,20%) [11]. Kết quả tính toán trình tự kết tinh cho đai mạch gabbro-dolerit, có thành phần được giả định là thành phần của dung thể ban đầu, cho thấy pha lỏng đầu tiên ở nhiệt độ 1335°C là olivin có độ sắt bằng 12-18%, phù hợp với các số liệu phân tích olivin trong lherzolit nêu trên.

Orthopyroxen (Opx) trong lherzolit có thành phần tương ứng với bronzit ($f = 13-20\%$), hàm lượng Al_2O_3 khá cao, đến 3,4%. Trong một số tinh thể Opx xác định được hàm lượng Cr cao, đến 0,35%, chứng tỏ chúng được thành tạo ở độ sâu lớn.

Clinopyroxen trong lherzolit và websterit đặc trưng cao Al_2O_3 (6,9-7,6%), cao Cr_2O_3 (0,25-0,38%) song rất thấp CaO (11-12%) tương ứng với augit (song giàu cấu tử fassait). Clinopyroxen trong gabbro amphibol ở mặt cắt Bảo Yên - Bảo Hà và mỏ đá Yên Kiện có thành phần tương ứng với diopsid ($\text{Wo}_{45,23-49,14}\text{En}_{36,58-38,59}\text{Fs}_{14,27-15,93}$) và thuộc loại có hàm lượng magnesi thấp nhất ($\text{MgO} = 16,68-16,8\%$) và calci cao nhất ($\text{CaO} = 21,81-23,12\%$). Chúng cũng thuộc loại có hàm lượng chrom và titan thấp ($\text{Cr}_2\text{O}_3 = 0,04-0,18\%$; $\text{TiO}_2 = 0,11-0,35\%$) song khá cao natri ($\text{Na}_2\text{O} = 0,36-0,53\%$) và có hàm lượng nhôm tương đối biến động ($\text{Al}_2\text{O}_3 = 1,51-3,16\%$). Gabbro chứa clinopyroxen cao nhôm hình thành dưới áp suất cao 6-8 kbar và có lẽ đã xâm nhập trước quá trình trôi lộ gneis của đới Sông Hồng, còn gabbro với pyroxen thấp nhôm có lẽ hình thành sau khi gneis đã được trôi lộ [13, 19].

Amphibol có mặt trong tất cả các biến loại đá lherzolit, pyroxenit và gabbro với những đặc điểm khác nhau khá rõ rệt. Amf trong gabbro có thành phần rất biến động, đặc biệt là hàm lượng magnesi ($\text{MgO} = 11,11-16,52\%$), kiềm ($\text{K}_2\text{O} = 0,24-1,23\%$) và hàm lượng titan ($\text{TiO}_2 = 0,47-2,49\%$) [13].

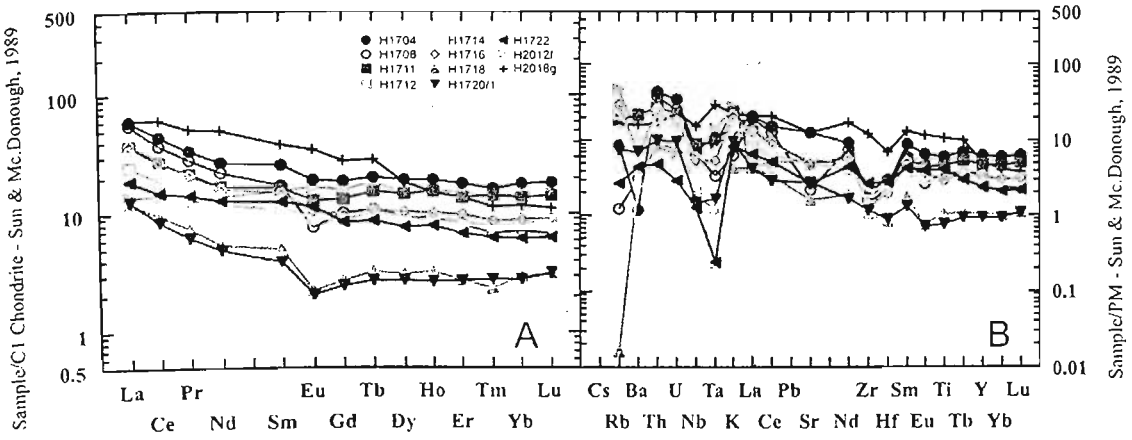
Spinel rất phổ biến trong lherzolit và pyroxenit. Thành phần hoá học của Sp khá ổn định: $\text{Al}_2\text{O}_3 = 56-58,25\%$, $\text{Cr}_2\text{O}_3 = 6,02-9,68\%$, $\text{MgO} = 13,05-16,35\%$ [11].

* Địa hóa

Dựa theo các tương quan $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3$, MgO-CaO , lherzolit, pyroxenit và gabbro tạo thành một dãy biến thiên thống nhất và điều đó cho phép coi chúng là cùng một tổ hợp phân dị [11]. Điều này hoàn toàn phù hợp với các quan sát thực tế ở một số thể đá mà trong đó đã ghi nhận được sự tổ hợp của lherzolit + pyroxenit + gabbro. Hàm lượng MgO trong lherzolit biến thiên từ 35 đến 25%; không thấy tương quan của SiO_2 với MgO chứng tỏ quá trình phân dị xảy ra do sự tách ly olivin. Websterit và websterit chứa olivin đặc trưng giàu nhôm, calci và sắt; thấp titan, thấp kiềm. Dựa theo thành phần địa hóa học thì gabbro chứa granat cũng như gabbro không chứa granat không có gì khác biệt. Chúng đặc trưng tương đối thấp nhôm ($\text{Al}_2\text{O}_3 < 17\%$), thấp titan ($\text{TiO}_2 < 1\%$) và thấp P_2O_5 ; dựa vào độ kiềm chúng thuộc kiểu các đá mafic có độ kiềm bình thường. Trường hợp ngoại lệ là gabbro bị biến chất đặc trưng cao titan ($\text{TiO}_2 = 3,85\%$), cao sắt ($\text{Fe}_2\text{O}_3 = 16,89\%$) và cao kiềm kali ($\text{K}_2\text{O} = 1,99\%$), khá giàu các nguyên tố đất

hiếm. Lherzolit và pyroxenit đều rất giàu Cr, Ni nghèo Cu, Co. Tỷ lệ Ni/Ni + Cu và Ni/Co khá cao: 0,98-0,99 và 10,59-13,40.

Đặc điểm phân bố các nguyên tố đất hiếm trong lherzolit, pyroxenit và gabbro amphibol trong các mặt cắt khác nhau đều rất gần gũi nhau (hình 4A) và trội hơn so với chondrit từ 10 đến 50 lần, có dị thường âm nhẹ ở Eu. Trên biểu đồ chuẩn hóa theo thành phần của manti nguyên thủy (hình 4B) có thể thấy rõ dị thường âm ở Zr, Hf, dị thường dương ở Th, Sr, Rb, U. Sự khác nhau về mức độ giàu đất hiếm trong các đá mafic và siêu mafic phù hợp với mô hình tách ly của dung thể thành phần picrit hoặc picrodolerit. Các giá trị hàm lượng các nguyên tố đất hiếm thấp nhất là thuộc về lherzolit và websterit chứa olivin. Tuy nhiên, các giá trị này vẫn cao hơn rõ rệt so với các giá trị đặc trưng cho peridotit manti. Gabbro amphibol và gabbro chứa granat có đặc điểm phân bố REE khá giống nhau chứng tỏ các đá này thuộc về cùng một loạt. Sự có mặt hoặc vắng mặt granat trong gabbroid có lẽ liên quan tới đặc điểm thành phần dung thể (độ sắt) hoặc độ sâu thành tạo (áp suất). Tỷ lệ La/Sm và Ce/Yb trong lherzolit (2,4-3,0), pyroxenit (2,15-2,4) và gabbro amphibol (2,2-2,3) rất gần gũi nhau.



Hình 4. Đặc điểm phân bố các nguyên tố hiếm - vết trong lherzolit (H1720/1, H1718), websterit (H1708, H 1712, H1722) và gabro amphibol (H1704, H1711, H1714, H1716, H 2012f, H2018) chuẩn hóa theo thành phần của chondrit (A) và manti nguyên thủy (B).

4. Thảo luận và kết luận

Hoạt động magma giai đoạn Kainozoi MBVN biểu hiện chủ yếu trên lãnh thổ TBVN, trong các cấu trúc kề cận với ranh giới Kainozoi của địa khối Đông Dương và địa khu liên hợp Việt - Trung trong bối cảnh va húc (collision) Ấn Độ - Âu Á. Trong số các tổ hợp magma kiềm kali và siêu kiềm kali Paleogen trên cánh đông bắc của rift Sông Đà có thể phân chia được các đá mafic siêu kiềm kali, cao magne và thấp titan, mà theo nhiều dấu hiệu về đặc điểm khoáng vật, địa hóa và đồng vị có thể đối sánh với lamproit thấp titan kiểu Địa Trung Hải. Đã xác lập được sự giống nhau về dạng biểu hiện, đặc điểm thành phần vật chất (bao gồm: đặc điểm giàu các nguyên tố LILE và REE, nghèo Ti, Nb, Ta,...) của lamproit TBVN cũng như các đá kiềm Paleogen khác với các thành tạo tương tự trong các cấu trúc dọc theo ranh giới xô dựng mảng trên lãnh thổ Trung Quốc. Sự hình thành các tổ hợp magma này là kết quả của quá trình phân dị dung thể có thành phần tương ứng với lamproit, được nóng chảy từ manti giàu do biến chất trao đổi và sự xuất hiện của chúng liên quan tới hoạt động tách giãn thạch quyển do va chạm mạnh giữa Ấn Độ và Âu Á. Với khoảng tuổi đã được xác lập - 42-35 tr.n., sự hình thành các tổ hợp này xảy ra trước quá trình dịch trượt mạnh của khối Đông Dương dọc theo đới đứt gãy Sông Hồng.

Trên đới nâng Phan Si Pan kề cận biểu hiện các granitoid á kiềm với các đặc trưng địa hóa của loạt kiềm vôi trong khoảng 34 - 35 tr.n., nghĩa là trùng với giai đoạn đầu của quá trình dịch trượt mạnh dọc

theo đới Sông Hồng. Độ nhôm cao, cao kiềm, tương đối nghèo Nb, Ta, Zr và tỷ lệ nguyên thủy $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ cao minh chứng cho nguồn gốc vỏ của dung thể ban đầu. Mặt khác, sự cùng thời của hoạt động magma granit này với thời điểm bắt đầu hoạt động dịch trượt mạnh chứng tỏ các granit này cũng là các sản phẩm đồng động lực (syneknetic).

Hoạt động magma manti đồng dịch trượt trong đới Sông Hồng là một tổ hợp thống nhất các xâm nhập nhỏ thành phần lherzolit - websterit - gabro, bị boudin hóa trong quá trình biến dạng muộn hơn. Đã xác lập được hai giai đoạn xuất hiện của chúng: 35 và 25 triệu năm. Sự có mặt clinopyroxen với hàm lượng hợp phần fassait cao và phổ biến granat trong các gabroid giai đoạn sớm chỉ thị cho độ sâu kết tinh của chúng lớn hơn so với các đá thuộc giai đoạn muộn. Điều này cho phép gần sự hình thành các đá mafic - siêu mafic giai đoạn sớm với quá trình trước nâng trôi, còn các đá giai đoạn muộn với quá trình sau nâng trôi gneis trong đới dịch trượt. Về mặt địa hóa, các đá của cả hai giai đoạn gần như tương tự nhau, chứng tỏ chúng có chung nguồn. Hoạt động magma mafic - siêu mafic ở mức 35 triệu năm cùng thời với hoạt động magma mafic - siêu mafic kiềm kali và siêu kiềm kali trong các cấu trúc kề cận (chẳng hạn như rift Sông Đà), chứng tỏ sự tồn tại các chất nền (substrat) khác nhau (ngay trong một khu vực) đối với mỗi kiểu hoạt động magma.

Liên quan với các khu vực phát triển hoạt động magma mafic kiềm là các biểu hiện quặng hóa Ag-Sb và Cu-Ag 45 tr.n. ở Pamir [23] và ở Tibet 50-45 tr.n. (đại quặng Lanping [16]); còn liên quan với các phức hệ latit ở đới Yulong phía đông Tibet là các mỏ Cu và Cu-Mo-Au porphyry lớn có tuổi 40-35 triệu năm [17]. Ở segment Ailao Shan trên lãnh thổ Trung Quốc biểu hiện rộng rãi các hoạt động magma granitoid, mafic kiềm và kiềm Kainozoi và các biểu hiện quặng hóa liên quan với chúng: Cu-Au-porphyry, Au, Au-Sb và Ag [31]. Tại đây, các nhà nghiên cứu đã phân chia được các đới quặng lớn với các mỏ Cu- và Cu-Au kiểu porphyry tuổi 40-36 tr.n. và 16-11 tr.n. có quy mô công nghiệp; đại quặng hóa vàng Ailao Shan (với các kiểu quặng hóa Au-As và Au-Sb có tuổi 30 tr.n.) cũng như các mỏ Ag và kim loại hiếm khác. Trên lãnh thổ TB Việt Nam, trong phạm vi khối nâng Phan Si Pan và kề cận cũng ghi nhận được nhiều biểu hiện quặng hóa Cu-Au-REE (Sin Quyền, Lũng Pô), Cu-Au (Chinh Sáng), Mo-(Cu-Au) (Pa Khoang) nhưng chưa có các nghiên cứu xác định tuổi thành tạo và mối liên quan với hoạt động magma. Không loại trừ chúng cũng là các sản phẩm của giai đoạn hoạt động magma - sinh khoáng Kainozoi. Cá biệt, mỏ Cu-Au Tả Phời (Lào Cai) được cho là thuộc kiểu Cu-porphyry [6].

Việc nghiên cứu chi tiết hơn về các thành tạo magma Kainozoi dọc theo đới trượt cắt Sông Hồng cũng như trong các cấu trúc địa chất kề cận sẽ mở ra nhiều điều thú vị nữa về giai đoạn magma - kiến tạo đặc thù này ở ven rìa đông nam của lục địa châu Á.

Lời cảm ơn: Các tác giả bài báo xin chân thành cảm ơn các nhà khoa học đồng nghiệp của phòng Magma, Viện Địa chất thuộc viện KHCNVN và Viện Địa chất - Khoáng vật học thuộc phân viện Siberi, Viện HLKH Nga đã hợp tác chặt chẽ trong quá trình nghiên cứu.

Tài liệu dẫn

- [1] *Tran Tuan Anh, T. T. Hoa, Richter W., Koller F.*, 2001. Characteristics of trace elements, rare earth and isotopes of lamproites from Northwest Vietnam. Jour. of Geology - Series B, 17-18: 20-27.
- [2] *Tran Tuan Anh, Tran Trong Hoa, Pham Thi Dung*, 2002. Granites of the Ye Yensun complex and their significances in tectonic interpretation of the early Cenozoic stage in West Bac Bo. Jour. of Geology, Series B, No 19-20, pp. 43-53.
- [3] *Nguyễn Xuân Bao, Trần Đức Lương (chủ biên)*, 1989. Bản đồ địa chất Việt Nam, tỷ lệ 1: 500.000.
- [4] *Nguyễn Trung Chí (chủ biên)*, 2003. Nghiên cứu hoạt động magma kiềm TBVN và khoáng sản liên quan. Báo cáo tổng kết đề tài cấp bộ TN&MT. Lưu trữ Trung tâm thông tin tư liệu địa chất.
- [5] *Chung, S. L., Lee, T.Y., Lo, C.H., Wang, P.L., Chen, C.Y., Nguyen, T.Y., Tran, T.H., Wu, G.Y.*, 1997. Intraplate extension prior to continental extrusion along the Ailao Shan - Red River shear zone. Geology, 25: 311 - 314.

- [6] *Đinh Văn Diễm, Bùi Xuân Ánh, Đinh Thanh Bình*, 2005. Đặc điểm khoáng hóa đồng porphyry khu vực Tà Phời, tỉnh Lào Cai. Tuyển tập báo cáo, Hội nghị KH kỷ niệm 60 năm Địa chất Việt Nam, 10-2005. tr. 610-621.
- [7] *Dovjikov A. E. (chủ biên)*, 1965. Địa chất miền Bắc Việt Nam. NXB KHKH.
- [8] *Tran Trong Hoa, Nguyen Trong Yem, Ngô Thị Phương, Hoàng Hữu Thành, Trần Quốc Hùng, Vũ Văn Ván, Bùi Ân Niên, Hoàng Việt Hằng, G.V. Polyakov, P.A. Balykin, L.I. Panina, Trần Tuấn Anh*, 1996. Magnesian-utrapotassic magmatic rocks and lamproite problems in Northwestern Vietnam. J. Geology, Series B, No 5-6, pp. 412-419.
- [9] *Trần Trọng Hòa (chủ biên)*, 1997a. Điều tra đánh giá triển vọng kim cương TBVN. Báo cáo tổng kết đề tài điều tra cơ bản cấp nhà nước. Lưu trữ viện KHCNVN.
- [10] *Tran Trong Hoa, Hoang Huu Thanh, Ngo Thi Phuong, Tran Tuan Anh*, 1997b. Mineralization characteristics and forming conditions of lamproite of Vietnam. J. Geology, Series B, No 9-10, pp. 63-68.
- [11] *Tran Trong Hoa, Tran Tuan Anh, Ngo Thi Phuong, Phan Luu Anh, Hoang Huu Thanh*, 2000. Origin of ultramafic rocks in the Red River zone on the basis of new results of mineralogical, geochemical and isotopic analyses. Jour. of Geology - Series B, 2000, 15-16: 62-75.
- [12] *Trần Trọng Hòa, Trần Tuấn Anh, Ngô Thị Phương, Phạm Thị Dung, Trần Việt Anh, Izokh A.E.*, 2004. Các thành tạo magma Mezozoi - Kainozoi khối nâng Phansipan - Sông Hồng, Tây Bắc Việt Nam. Trong chuyên khảo: Đứt gãy Sông Hồng, đặc điểm địa động lực, sinh khoáng và tai biến thiên nhiên, Nxb. KH&KT, 2004, tr. 297-372.
- [13] *Trần Trọng Hòa*, 2007. Hoạt động magma nội mảng miền Bắc Việt Nam và sinh khoáng liên quan. Luận án TSKH, Viện Địa chất và Khoáng vật học (phần viện Siberi, viện HLKH Nga), Novosibirsk, Nga, 362 tr. (tiếng Nga).
- [14] *Tran Trong Hoa, Tran Tuan Anh, Ngo Thi Phuong, Phan Thi Dung, A.E. Izokh, A.S. Borisenko*, 2009. Permian - Triassic alkaline felsic volcano - plutonic associations in the Tu Le basin and Phan Si Pan uplift, NW Vietnam and their relationship to a mantle plume. Abstract of the Inter. Symp. Large Igneous Provinces of Asia, Mantle plume and Metallogeny. 6-9 August, Novosibirsk, Russia, 366-368pp.
- [15] *Phạm Trung Hiếu, Fukun Chen, Lê Thanh Mỹ, Vũ Lê Tú, Nguyễn Thị Bích Thủy*, 2009. Tuổi đồng vị U-Pb zircon trong granit phức hệ Yên Sơn, Tây Bắc Việt Nam và ý nghĩa của nó. Tc CKHVTD 31 (1), 23-29.
- [16] *Hou, Z.Q., Mo, X.X., Gao, Y.F., Qu, X.M., Meng, X.J.*, 2003a. Adakite: a significant Cu-bearing porphyry - a case study on porphyry Cu deposits in Tibet and northern Chile. Mineral Deposits 22, 1-12 (in Chinese with English abstract).
- [17] *Hou, Z.Q., Ma, H.W., Zaw, K., Zhang, Y.Q., Wang, M.J., Wang, Z., Pan, G.T., Tang, R.L.*, 2003b. The Himalayan Yulong porphyry copper belt: product of large-scale strike-slip faulting in Eastern Tibet. Economic Geology 98, 125-145.
- [18] *Hou Zengqian, Zhiming Yang, Xiaoming Qu, Xiangjin Meng, Zhenqin Li, G. Beaudoin, Zongyao Rui, Yongfeng Gao*, 2008. The Miocene Gangdese porphyry copper belt generated during post-collisional extension in the Tibetan orogen. Ore Geololy Reviews, xxx (2008) xxx - xxx. ScienceDirect.
- [19] *Izokh A.E., Tran Trong Hoa, G.V. Polyakov, Ngo Thi Phuong, Tran Tuan Anh, A.V. Travin*, 2004. Syn-kinematic ultramafic-mafic magmatism in the Red River shear zone. J. Geology Series B, No 23, p.26-41.
- [20] *Lan Ching-Ying, Sun-Lin Chung, Jason Jiun-San Shen, Ching-Hua Lo, Pei-Ling Wang, Tran Trong Hoa, Hoang Huu Thanh, Stanley A. Mertzman*, 2000. Geochemical and Sr-Nd isotopic characteristics of granitic rocks from northern Vietnam. Journal of Asian Earth Sciences 18, 2000, 267-280.

- [21] *Leloup P.H., R. L., P. Tapponnier, U. Schärer, Zhong Dalai, Liu Xiaohan, Zhang Shan, Ji Shaocheng and Phan Trong Trinh*, 1995. The Ailao Shan - Red river shear zone (Yunnan, China), Tertiary transform boundary of Indochina. *Tectonophysics*, 251: 3-84.
- [22] *Li, P.*, 1997: The significance of Late Paleogene magmatism on the Ailao Shan - Red River Shear Zone in Yunan-Sichuan, South China. Ph.D. thesis , Chicago, Univ. of Illinois at Chicago.
- [23] *Pavlova G.G., Borisenko A.S.*, 2009. The age of Ag-Sb deposits of Central Asia and their correlation with other types of ore systems and magmatism // *Ore Geology Reviews*, V.35, issue 2, p. 164-185 (ScienceDirect).
- [24] *Pearce, J. A., Harris, N.B.W., Tindle, A.G.*, 1984. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Journal of Petrology*, 25, 956 - 983.
- [25] *Polyakov G.V., Nguyen Trong Yêm, Balykin P. A., Tran Trong Hoa, Panina L.I., Ngo Thi Phuong, Hoang Huu Thanh, Tran Quoc Hung, Sarygin V.V., Bui An Nien, Hoang Viet Hang*, 1997: The new data from ultrapotassic basic rocks in Northern Vietnam - Cocite. *Russian Geology and Geophysics*, Vol. 38, No 1, 1997, pp. 148-158 (in Russian).
- [26] *Schaerer, U., L. S. Zhang, et al*, 1994 : Duration of strike-slip movements in large shear zones: The Red River belt, China. *Earth and Planetary Science Letters*, 126: 379-397.
- [27] *Sun, S. F., McDonough, W.F.*, 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implication for mantle composition and processes. In: Saunders, A.D, Norry, N.J. (eds) *Magmatism in ocean basins*. *Geol.Soc.Spec.Publ.*, 42: 313-345.
- [28] *Tapponnier P., L. R., Leloup H., Scharer U., Zhong Dalai, Liu Xiaohan, Shaocheng J., Zhang Lian Shang, Zhong Jiayou*, 1990. The Ailao Shan - Red River metamorphic belt: left-lateral shear between Indochina and China. *Nature* 343: 431-437.
- [29] *Phan Cự Tiến (chủ biên)*, 1989. Địa chất Campuchia, Lào, Việt Nam. Thuyết minh bản đồ địa chất Campuchia, Lào, Việt Nam tỷ lệ 1: 1.000.000. Tổng cục Địa chất, Hà Nội.
- [30] *Zhang Lian-Sheng, U. Scharer*, 1999. Age and origin of magmatism along the Cenozoic Red River shear belt, China. *Contrib Mineral Petrol*, 134: 67-85.
- [31] *Zheng Pusheng, H. Z., Mo Xuanxue, Yu Xuehui, Gao Yongfeng*, 2004. The Cenozoic Cu-Au mineralization of the alkali-rich porphyries under a background of strike-slip in west Yunnan. *Abs. of IGCP-430 Continental Dynamics Workshop*, 2004, May, 23-31, Kunming, China.
- [32] *Wang P.L., C. H. L., S.L. Chung, T.Y. Lee, C.Y. Lan, Tran Van Thang*, 2000. Onset timing of lateral movement along the Ailao Shan-Red river shear zone: Ar-Ar dating constraint from the Nam Dinh area, northeastern Vietnam. *Journal of Asian Earth Sciences*, 18 (281-292).

Abstract

Cenozoic magmatism of Northwest Vietnam in relation to the Red River Shear Zone (RRSZ)

The Cenozoic magmatism in relation to Indian - Eurasian collision in the Northwest Vietnam are abundant and complicated. On the basis of correlation between left-lateral displacement (35 - 22 Ma) along the RRSZ and magmatism, three stages of igneous activities are identified: pre-collisional, syn-collisional and post-collisional stages. The pre-collisional magmatism is characterized by the formation of ultrapotassic volcano-plutonic mafic-felsic magmatic series and carbonatite (42 - 35 Ma), cropping out at the boundary of Song Da Paleozoic rift and the Phansipan Uplift. Associated mineralization with this stage are Cu-Au and REE-U-Th-F metallogenies. Syn-collisional stage (35 - 25 Ma) is represented by small intrusions and boudins of ilmenite, websterite and amphibole gabbros inside the RRSZ, as well as Ta-Nb depleted peraluminous granite in the Phansipan Uplift. The post-collisional stage (22 - 19 Ma) is characterized by aplitic and peraluminous pegmatitic bodies, intercalating the RRSZ.

The pre-collisional magmatism of Song Da Paleozoic consists of Mediterranean type lamproite, absarokite and minette, spatially and genetically related to syenite, trachyte and carbonatite. Geochemically, they are belonged to ultrapotassic series ($K_2O/Na_2O > 2$), enriched in REE, Rb, Sr, Zr, Th, U, but depleted in Ti, Nb, Ta, implying they were originated from a mantle metasomatized source. Alkaline felsic rocks are differentiated products of the above magmas.

The syn-collisional mafic and ultramafic bodies inside the RRSZ were formed a lherzolite-websterite-gabbro association, intruded in 35 and 25 Ma interval, corresponding to different depths, in which the earlier rocks were formed at greater depths and pressures. Peraluminous granite (35 Ma) of the Phansipan Uplift characterized by mixed features of I-, A-, and S- types granite, and relatively similar to crustal derived granites.

Post-collisional granite, aplite granite and pegmatite (24 - 19 Ma) are cropped out only in the Red River. Geochemical and isotopic characteristics (Sr, Nd) imply the crustal sources, originating from melting of Proterozoic metamorphosed sedimentary basement.

The formation of Cenozoic volcano-plutonic associations in Northwest Vietnam imply that they are products of sequential extensional - compressional regimes of the Indian - Eurasian collision, recording at the RRSZ.