

Nhiệt độ, áp suất và sinh khoáng khối Phú Tài trên cơ sở thành phần biotit

Phan Đức Lễ¹, Trần Tuấn Anh², Phạm Ngọc Cần², Trần Trọng Hòa²

¹Tạp chí Địa chất, ²Viện Địa chất - VAST

Email: letapchidiachat@gmail.com

Ngày nhận bài: 10/01/2022 Ngày chấp nhận đăng: 15/04/2022	Tóm tắt: Điều kiện nhiệt độ, áp suất thành tạo các đá xâm nhập trong số đó có granitoid, luôn là vấn đề cấp thiết đối với các nhà địa chất vì liên quan mật thiết đến các vấn đề về nguồn gốc và chuyên hóa sinh khoáng của đá. Biotit được nghiên cứu nhiều, thường được sử dụng để so sánh, phân loại magma, xác định nhiệt độ và áp suất thành tạo, xác định pha và thành hệ và điều kiện địa hóa tạo khoáng. Biotit khối Phú Tài thuộc loại annite - siderophyllite giàu Fe, cao Mg. Theo thành phần của biotit trong chúng, khối được tạo thành ở nhiệt độ từ 745 ⁰ C đến 802 ⁰ C và trung bình là 773 ⁰ C ± 12 ⁰ C và áp suất 1,38 kbar đến 2,29 kbar trung bình khoảng 1,72kba, tương ứng với độ sâu ~ 5,21km. Granite khối Phú Tài thuộc loại I-granit. Biotit trong khối giàu Cl và nghèo F, theo chuyên hóa sinh khoáng chúng thuộc Kiểu - I: thuộc trường số 2. Granitoid sống núi Kyraminskyi, Bắc Thiên Sơn. Granitoid liên quan đến mỏ đồng - molipden (Cu-Mo).
--	--

Mở đầu

Điều kiện nhiệt động thành tạo các đá xâm nhập trong số đó có granitoid, luôn là vấn đề cấp thiết đối với các nhà địa chất vì liên quan mật thiết đến các vấn đề về nguồn gốc và chuyên hóa sinh khoáng của đá. Điều kiện thành tạo (nhiệt độ, áp suất, chế độ chất bốc, chế độ axyt - kiềm) các đá xâm nhập có ảnh hưởng rất lớn lên thành phần các khoáng vật tạo đá đặc biệt là các khoáng vật sẫm màu. Biotit là một trong những khoáng vật tạo đá của các thành tạo magma và biến chất có phổ biến thiên thành phần rộng, hình thành trong khoảng lớn các thông số nhiệt động, nhiều khi là khoáng vật màu duy nhất trong các biến loại đá sáng màu. Biotit được nghiên cứu nhiều, thường được sử dụng để so sánh, phân loại magma, xác định nhiệt độ thành tạo, xác định pha và thành hệ, xác định chế độ axyt - kiềm của môi trường, nguồn gốc đá và điều kiện địa hóa tạo khoáng (Speer, 1984). Do là khoáng vật khá bền vững trong các điều kiện nhiệt độ và áp suất khác nhau (Yavuz, 2003), có khả năng kết hợp với nhiều nguyên tố chính và vết

khác nhau, biotit được xem như là khoáng vật chỉ thị quan trọng cho nhiều quá trình tạo quặng khác nhau. Thành phần hóa học của biotit phụ thuộc chủ yếu vào thành phần chính của magma nguyên thủy nên có thể sử dụng để xác định các đặc trưng hóa lý khác nhau của magma nguyên thủy. Ngoài ra, hàm lượng Flo và Clo của biotit có thể được sử dụng để dự đoán hoạt tính Flo và Clo của pha chất bốc (Munoz, 1984). Một số nghiên cứu đã chỉ ra rằng thành phần hóa học của biotit (Stussi and Cuney, 1996) phản ánh mạnh mẽ nguồn gốc kiến tạo của granitoid mẹ của nó. Quan trọng hơn, thành phần biotit đã được sử dụng để nghiên cứu nguồn gốc của quá trình khoáng hóa trong nhiều mỏ Cu, porphyry Cu-Au, porphyry Cu-Mo, porphyry Cu-Mo-Au, đá granit chứa thiếc, đá granit chứa vonfram và pegmatit chứa nguyên tố hiếm. Do đó, nhiều nhà nghiên cứu đã cố gắng sử dụng hóa học biotit để phân loại đá granit với tiềm năng khoáng hóa của chúng.

Các thành tạo granitoid thuộc khối Phú Tài (Trần Tính (Chủ biên). 1994) luôn là đối tượng

quan tâm của các nhà địa chất. Đây là một trong những khối magma phát triển mạnh trong đới uốn nếp Trường Sơn; ở một số nơi đã xác lập được các kiểu khoáng hóa đa dạng với quy mô khác nhau. Cho đến nay, đã có nhiều công trình đề cập đến thành phần vật chất của khối cũng như điều kiện T-P thành tạo của chúng. Song để giải quyết tính chuyên hóa sinh khoáng của tổ hợp, cùng với các nghiên cứu kinh điển về thành phần vật chất, cần có các nghiên cứu toàn diện về điều kiện hóa lý về chế độ chất bốc trong quá trình thành tạo chúng. trong bài báo này, biotit từ các đá granit của khối Phú Tài được xem xét toàn diện nhằm xác định các thông số nhiệt độ, áp suất và tính chuyên hóa sinh khoáng của chúng. các kết quả nghiên cứu sẽ góp phần làm sáng tỏ đặc điểm thạch luận của khu vực nghiên cứu.

2. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu là biotit thuộc khối Phú Tài khu vực Đèo Cù Mông, tỉnh Quy Nhơn, Tuy Hòa và Phú Yên.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Phân tích đơn khoáng: Do biotit nguồn gốc magma được chia ra 3 loại: (i) Nguyên sinh, tạo thành đầu tiên trong giai đoạn magma sớm; (ii) tái cân bằng trong trạng thái cân bằng với các khoáng vật chứa sắt khác ở giai đoạn magma muộn và (iii) tạo mới hoặc thứ sinh tạo thành trong giai đoạn hậu magma. Thành phần hóa học của biotit có thể phản ánh các đặc trưng hóa lý khác nhau của môi trường mà nó phát triển. Với mục đích xác định điều kiện nhiệt độ và áp suất thành tạo granitoid chỉ biotit nguyên thủy mới có ý nghĩa. Do đó, trong quá trình tách đơn khoáng cần làm sao thu được loại này bằng cách áp dụng phương pháp thạch học.

Thành phần hóa học của biotit của khối được phân tích bằng máy EPMA - Jeol JXA-8100. Các phân tích được thực hiện ở điện thế 20 kV, chùm electron có cường độ 20 nA, thời gian đọc 10s. Các kết quả được chuẩn hóa bằng các mẫu chuẩn có ở phòng thí nghiệm như các khoáng vật wollastonite, albite, adularia và các hợp chất tổng hợp SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Cr_2O_3 , Fe_2O_3 , MnO , MgO , CaF_2 , NaCl . Các kết quả phân tích được tính toán và hiệu chỉnh dựa trên chương trình hiệu chỉnh ma trận ZAF cho oxit. Công thức hóa học của biotit

được tính toán dựa trên tổng số ôxy là 22 và OH được tính: $\text{OH} = 4 - (\text{F} + \text{Cl})$. Hàm lượng Fe trong biotit được quy về Fe^{2+} . Loại bỏ các thành phần biotit tái cân bằng và thứ sinh được tiến hành theo phân loại của (Nachit et al., 2005). Phương pháp này sử dụng tương quan nhiệt độ của sự kết hợp Ti trong biotit để phân loại các hạt thành các loại nguyên sinh, tái cân bằng và thứ sinh.

3. Kết quả nghiên cứu

3.1. Đặc điểm địa chất, thạch học - khoáng vật

Granitoid khối Phú Tài khu vực đèo Cù Mông bao gồm các biến loại đá chủ yếu là granit biotit, granodiorite chủ yếu thuộc các phức hệ Vân Canh. Ngoài ra còn có các phức hệ khác như Đèo Cả và Định Quán ... (Hình 1). Với thành khoáng vật là plagioclas, felspar kali, thạch anh, biotite và ít hornblend. Các khoáng vật phụ thường gặp là apatit, sphen, zircon, quặng cả orthit.

Plagioclas: là những lăng trụ dài, cấu tạo song tinh đa hợp, phổ biến theo luật anbit-carbat, đới trạng thường bị saurixit hóa không đều. Thành phần oligioclas – andesin ($N^{\circ}18-32$). Ở các đá thuộc đới tiếp xúc trong, plagioclas có phần basic hơn ($N^{\circ}34-36$).

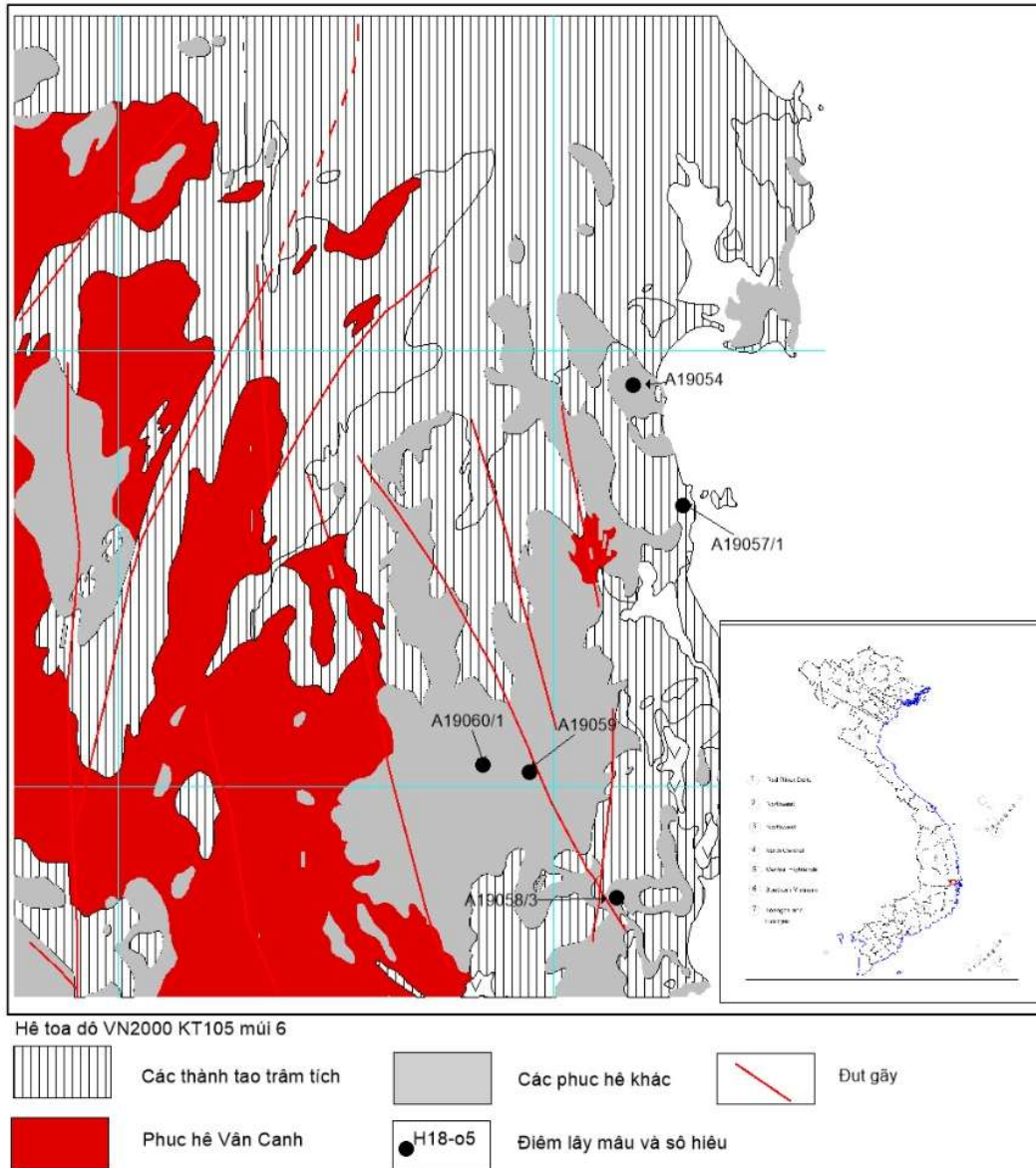
Felspar kali: phổ biến không đều với hàm lượng thay đổi 30-45%, là những hạt lớn vừa, lích thước 0,5-2mm. Chúng hầu như không có cấu tạo song tinh, perthit yếu. Đôi hạt perthit kiểu thay thế, $2v = (-)70-75^{\circ}$. Ven rìa các tia mạch perthit thường thấy orthoclas có dạng song tinh kiểu mạng lưới thanh nét. Các hạt orthoclas kém tự hình hơn plagioclas. Loại felspar kali cấu tạo song tinh mạng lưới (thể hệ II) ít phát triển, khoảng 2-3% trong các đá nhưng phổ biến không đều, hạt nhỏ, hầu như không bị biến đổi, thay thế plagioclas, biotit.

Thạch anh: có hàm lượng khoảng 15-25% dạng hạt tha hình, đôi khi tắt lờn sóng yếu, kích thước nhỏ, có ít hạt thạch anh khá tự hình chen lẫn vào trong feldspar. Dưới kính hiển vi các hạt thạch anh và feldspar nằm kéo dài theo một hướng.

Hornblend: Tạo thành những lăng trụ không đều, kích thước thay đổi, phân bố rải rác, có khi tập trung đi cùng biotite, chiếm tỷ lệ khoảng từ 0-10%, đa sắc rõ, đa sắc rõ: Ng-màu xanh lục, Np- vàng phớt lục, góc $2V(-) = 50^{\circ}$.

Các khoáng vật phụ: apatite là những lăng trụ kéo dài, không màu đi cùng với quặng và biotite. Zircon tạo thành những lăng trụ ngắn, tiết diện hình vuông, có màu phớt hồng nâu. Sphen thường có mặt trong các đá tù bị biến

đổi cùng với apatite và quặng. Orthit gặp rải rác những hạt có nhiều kích thước khác nhau, đa sắc không đều theo đới: nâu đỏ, vàng nâu (đới trắng).



Hình 1. Sơ đồ phân bố các phức hệ khối Phú Tài

3.2. Thành phần hóa học của biotit

Biotite: Tạo thành những vảy vừa phân bố không đều trong đá, đa sắc tổ Ng- màu đậm phớt lục, Np – màu vàng phớt nâu, clorit hóa.

Kết quả phân tích thành phần khoáng vật bằng phương pháp microzond cho thấy, biotite khu vực đồi Cù Mông có thành phần hóa học trung bình 5 mẫu tương ứng: SiO₂: 34,72%-

36,92%, TB = 35,65%; TiO₂: 2,68%-4,56%, TB=3,88%; Al₂O₃: 12,94-14,24%, TB=13,47%; FeO: 16,14-25,83%, TB=21,66%; MgO: 6,65-15,34%, TB=10,26%; MnO: 0,15-0,78%, TB=0,34%; Cr₂O₅: 0,01-0,05%, TB=0,02%; Na₂O: 0,05-0,27%, TB=0,13%; K₂O: 8,27-10,25%, TB=9,63%; F: 0,29-0,82%, TB=0,60%; Cl: 0,11-0,25%, TB=0,19% (Bảng 1).

Bảng 1. Thành phần hóa học của biotite trong granitoid khối Phú Tài

Thành phần	A19054 (n=15)	A19057/1 (n=15)	A19058/3 (n=15)	A19059 (n=15)	A19060/1 (n=15)	Min	Max	Aveg
SiO ₂	35,20	34,72	36,92	35,77	35,64	34,72	36,92	35,65
TiO ₂	2,68	4,46	4,07	3,66	4,56	2,68	4,56	3,88
Al ₂ O ₃	14,24	12,94	13,34	13,43	13,37	12,94	14,24	13,47
Cr ₂ O ₃	0,01	0,01	0,05	0,04	0,01	0,01	0,05	0,02
FeO	23,69	25,83	16,14	21,51	21,11	16,14	25,83	21,66
MnO	0,22	0,78	0,15	0,29	0,27	0,15	0,78	0,34
MgO	8,99	6,65	15,34	10,14	10,17	6,65	15,34	10,26
CaO	0,03	0,00	0,02	0,01	0,04	0,00	0,04	0,02
Na ₂ O	0,05	0,12	0,27	0,06	0,14	0,05	0,27	0,13
K ₂ O	9,96	10,25	8,27	9,78	9,87	8,27	10,25	9,63
F	0,73	0,58	0,29	0,82	0,58	0,29	0,82	0,60
Cl	0,17	0,25	0,11	0,21	0,20	0,11	0,25	0,19
Total	95,97	96,60	94,97	95,71	95,94	94,97	96,60	95,84
Si	5,55	5,54	5,58	5,60	5,55	5,54	5,60	5,56
Ti	0,32	0,54	0,46	0,43	0,53	0,32	0,54	0,46
Al	2,65	2,43	2,37	2,48	2,45	2,37	2,65	2,48
Cr	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Fe	3,13	3,45	2,04	2,82	2,75	2,04	3,45	2,84
Mn	0,03	0,11	0,02	0,04	0,04	0,02	0,11	0,05
Mg	2,11	1,58	3,45	2,36	2,36	1,58	3,45	2,37
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00
Na	0,02	0,04	0,08	0,02	0,04	0,02	0,08	0,04
K	2,00	2,09	1,59	1,96	1,96	1,59	2,09	1,92
Fe/(Fe+Mg)	0,60	0,69	0,37	0,54	0,54	0,56	0,50	0,54
XMg	0,40	0,31	0,63	0,46	0,46	0,31	0,63	0,45
W.F	0,25	0,27	0,09	0,29	0,23	0,09	0,29	0,23
W.Cl	0,02	0,03	0,01	0,03	0,03	0,01	0,03	0,03
W.OH	1,57	1,37	1,36	1,42	1,36	1,36	1,57	1,42
X-Phlo	0,38	0,28	0,58	0,42	0,42	0,28	0,58	0,41
X=Sid	0,32	0,30	0,16	0,25	0,25	0,16	0,32	0,25
X-Ann	0,30	0,43	0,27	0,34	0,34	0,27	0,43	0,33
T°C	745	767	802	769	781	744,99	802,25	772,89
P	2,29	1,57	1,38	1,73	1,64	1,38	2,29	1,72
Depth	6,93	4,76	4,18	5,23	4,96	4,18	6,93	5,21

Ghi chú: Mẫu phân tích tại Viện Địa chất-KVH Novosibirsk, LB Nga bằng phương pháp microsond

3.3. Nhiệt độ và áp suất

Nhiệt độ: Trên cơ sở các kết quả thực nghiệm, [Henry et al., 2005](#) đã đưa ra địa nhiệt kế dựa vào thành phần biotit ([WoNes. et al., 1965](#))

$$T = ((\ln(Ti) - a - c(XMg)^3)/b)^{0,333}(1)$$

Trong đó T nhiệt độ tính bằng °C; Ti - số nguyên tử Titan trong công thức khoáng vật chuẩn hóa với 22 nguyên tử O; XMg = Mg/(Mg + Fe); a = -2,3594, b = 4,6482 × 10⁻⁹ và c = -1,7283, sai số: ± 24°C đối với biến loại

nhiệt độ thấp (<600°C) và ±12°C đối với biến loại nhiệt độ cao (>600°C). Theo công thức (1) trên nhiệt độ thành tạo biotit của khối từ 745 đến 802°C với trung bình 773°C±12°C (Bảng 1).

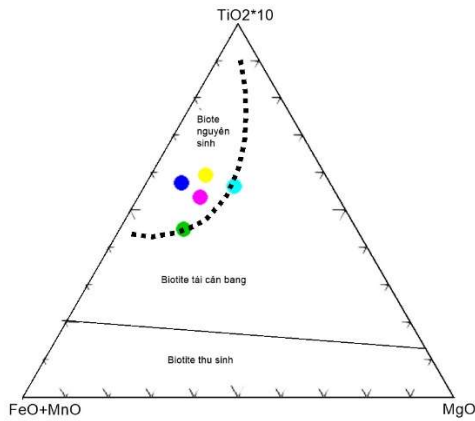
Áp suất: [Uchida et al. \(2007\)](#) đã đề xuất một phương trình thực nghiệm sử dụng tổng hàm lượng Al của biotit để ước tính áp suất quá trình có kết các khối xâm nhập nghèo và giàu quặng ở Nhật Bản. Nghiên cứu của họ cho thấy mối tương quan giữa hàm lượng Al

của biotit và hàm lượng Al của hornblende (tức là hornblend địa áp kế) cho thấy rằng, tổng hàm lượng Al trong biotit có thể được sử dụng như một địa áp kế. Áp suất cổ kết có thể được ước tính theo phương trình thực nghiệm:

$$P \text{ (kbar)} = 3,33^T Al - 6,53 (\pm 0,33) \quad (2)$$

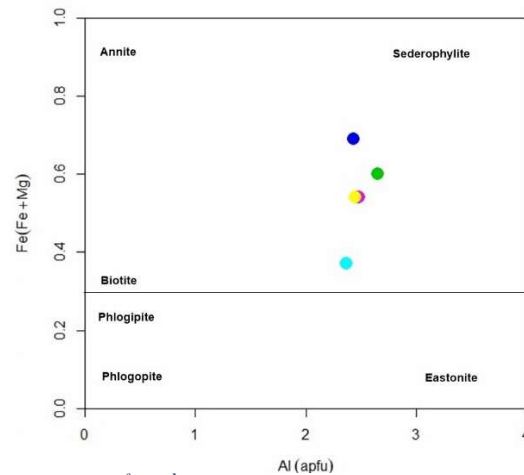
Trong đó $^T Al$ - tổng Al apfu của biotit chuẩn hóa với 22 đơn vị ôxy. Theo công thức (2) trên áp suất thành tạo biotit của khối từ 1,38 đến 2,29 kbar với trung bình $1,72 \pm 0,68$ kbar (Bảng 1).

Thảo luận

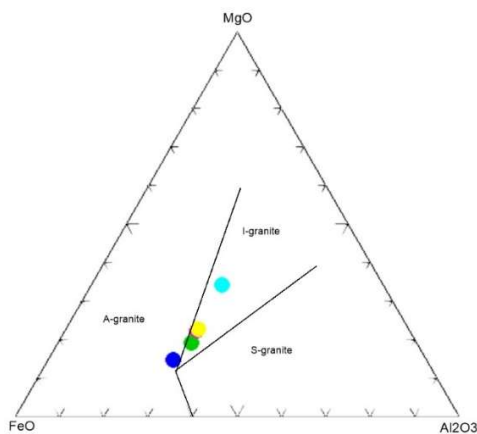


Hình 2. Biểu đồ ba cấu tử (FeO + MnO)–TiO₂*10-MgO phân loại Biotite theo (Nachit et al., 2005); Nachit et al. (1985)

Trên biểu đồ ba cấu tử (FeO + MnO)–TiO₂–MgO theo phân loại của Nachit et al. (2005) cho thấy chúng ứng với biotit nguyên sinh (Hình 2). Theo biểu đồ phân loại mica của Hiệp hội khoáng vật học quốc tế (IMA) (Rieder M. et al., 1998) chúng ứng với biotit dãy annite - siderophyllite (Hình 3) giàu Fe, cao Mg. Thành phần hóa học của biotit có thể dùng để nghiên cứu các điều kiện nhiệt động thành tạo của magma gốc của nó, tức là nhiệt độ, áp suất, áp suất riêng phần của oxy và halogen.



Hình 3. Biểu đồ phân loại biotit Fe/(Fe + Mg) - Al (apfu) khối Phú Tài theo Rieder M. et al. (1998)



Hình 4. Phân loại granite dựa trên thành phần FeO-MgO-Al₂O₃ của Biotite theo Abdel-Rahman (1994)

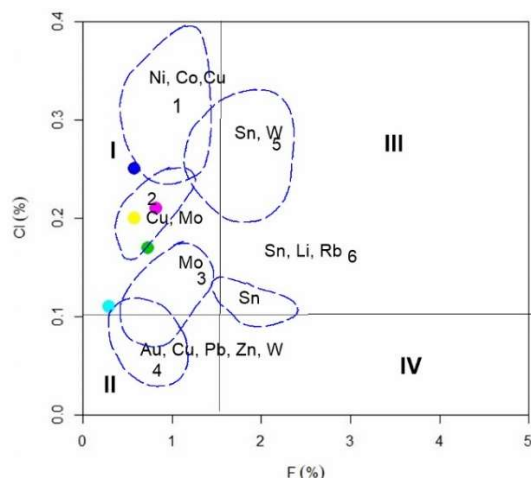
Nhiệt độ thành tạo của biotit trong granit xét theo Ti (WoNes. et al., 1965) từ 745°C đến 802°C và trung bình là 773°C ± 12°C. Do biotit thường kết tinh ở giai đoạn cuối của quá trình đông nguội magma nên nhiệt độ thành tạo của chúng trong granit và thường thấp hơn nhiệt

độ bắt đầu đông nguội khối magma, nên có thể coi nhiệt độ thành tạo này phản ánh điều kiện nhiệt độ đóng của hệ khi điều kiện hóa lý cân bằng trong suốt quá trình kết tinh. Áp suất thành tạo của biotit tính theo tổng Al (apfu) từ 1,38 kbar đến 2,29 kbar trung bình khoảng

1,72kba. Với giá trị áp suất trung bình 1,72 kbar, có thể nói khối thành tạo ở độ sâu ~ 5,21km ứng với tương mezoabyssal. Phân loại granite dựa trên thành phần FeO-MgO-Al₂O₃ của Biotite theo Abdel-Rahman (1994) cho thấy khối Phú Tài thuộc kiểu I-granite (Hình 4).

3.4. Tiềm năng sinh khoáng

Các halogen đóng vai trò quan trọng trong quá trình tiến hóa của magma silic, quá trình chuyển tiếp giữa magma và dung dịch nhiệt dịch, phân rã kim loại thành dung dịch và hình thành các mỏ quặng. Do hầu hết lượng F có trong vỏ lục địa đều nằm trong các đá granitoid và các đá biến chất của chúng, hàm lượng F trong granitoid liên quan đến bản chất đá magma nguồn và các quá trình nóng chảy liên quan. Hàm lượng tập hợp các khoáng vật khan hoặc ngậm nước quyết định hành vi của F hoạt



4. Kết luận

Biotit khối Phú Tài thuộc loạt annite - siderophyllite giàu Fe, cao Mg. Theo thành phần của biotit trong chúng, khối được tạo thành ở nhiệt độ từ 745°C đến 802°C và trung bình là 773°C ± 12°C và áp suất 1,38 kbar đến 2,29 kbar trung bình khoảng 1,72kba, tương ứng với độ sâu ~ 5,21km. Granite khối Phú Tài thuộc loại I-granit. Biotit trong khối giàu Cl và nghèo F, theo chuyên hóa sinh khoáng chúng thuộc Kiểu - I: thuộc trường số 2. Granitoid sống núi Kyraminskyi, Bắc Thiên Sơn. Granitoid liên quan đến mỏ đồng - molipden (Cu-Mo).

động như nguyên tố không tương thích hoặc tương thích trong magma (Munoz, 1990). Trong quá trình kết tinh magma, trong khi F có xu hướng bị giữ lại trong các dung thể, fluor, apatit và micas hoặc vận chuyển các kim loại trong một số hệ khoáng chất cụ thể, Cl lại tạo các phức kim loại và vận chuyển chúng trong các dung dịch nhiệt dịch. Do đó, Cl có ảnh hưởng và kiểm soát một phần khả năng hình thành quá trình khoáng hóa quặng của các thành tạo này. Trên biểu đồ chuyển hóa chất bốc - sinh khoáng, biotit của khối Phú Tài phân bố chủ yếu trong trường chuyên hóa chất bốc-sinh khoáng giàu Clo và nghèo F theo chuyên hóa sinh khoáng chúng thuộc kiểu-I: thuộc trường số 2. Granitoid sống núi Kyraminskyi, Bắc Thiên Sơn. Granitoid liên quan đến mỏ đồng - molipden (Cu-Mo) (Hình 5).

Hình 5. Thành phần granitoid khu vực Cù Mông với mối tương quan Cl-F. Các kiểu chuyên hóa địa hóa chất bốc- sinh khoáng và các thành tạo magma đi kèm các kiểu khoáng hóa: Kiểu I: 1. Gabbro – norit trapp Talnakh, 2. Granitoid sống núi Kyraminskyi, Bắc Thiên Sơn. 3. Granitoid sống núi Stanovyi ; II: Kiểu nước, 4. Granitoid liên quan đến mỏ đồng porphyr Bắc Mỹ , III - kiểu Cl-F: 5 - granitoid các khối Soktuyskyi và Oldodinskyi, Zabaikalya; 6 - greizen và mạch thạch anh quặng hóa W-Sn, Zabaikalya; 7 - granitoid các khối Akatuyskyi và Sherlovogorny, Zabaikalya; IV - kiểu F. (Bushlyakov I.N. and Kholodnov V.V., 2001).

Tài liệu tham khảo

- Abdel-Rahman, A. F. M., 1994, . Nature of biotites from alkaline, calc-alkaline, and peraluminous magmas: *J. Petrol*, v. 35, p. 525–541.
- Munoz, J. L., 1984, F-OH and Cl-OH exchange in mica with application to hydrothermal ore deposits: *Rev. Mineral*, v. 13, p. 469-493.
- , 1990, F and Cl contents of hydrothermal biotites: A reevaluation: *GSA Abst. Prog*, v. 22, no. A135.
- Nachit, H., Ibhi, A., Abia, E., and Ohoud, M., 2005, Discrimination between primary magmatic biotites, reequilibrated biotites and neoformed biotites: *Comptes Rendus Geosciences*, v. 337, p. 1415-1420. 10.1016/j.crte.2005.09.002.

- Nachit, H., Razafimahefa, N., Stussi, J. M., and Carron, J. P., 1985, Composition chimique des biotites et typologie magmatique des granitoides: *C.R. Acad. Sci., Paris*, v. 301, p. 813–818.
- Rieder M., Cavazzini D'yakonov G.Y.S., Frank-Kamenetskii V.A., Gottardi G., Guggenheim S., Koval P.W., Mueller G., Neiva A.M., and Radoslovich E.W., 1998, Nomenclature of the micas: *Clay Miner*, p. 46.
- Speer, A., 1984, Micas in igneous rocks: *Rev. Minerals*, v. 13, p. 299-356.
- Stussi, J., and Cuney, M., 1996, Nature of Biotites from Alkaline, Calc-alkaline and Peraluminous Magmas by Abdel-Fattah M. Abdel-Rahman: A Comment: *Journal of Petrology*, v. 37, 10.1093/petrology/37.5.1025.
- Trần Tính (Chủ biên), 1994, Bản đồ Địa chất khu vực Tuy Hoà tỷ lệ 1:200000. Danh pháp D-49-XXVI. *Cục địa chất và khoáng sản Việt Nam*.
- Uchida, E., Endo, S., and Makino, M., 2007, Relationship Between Solidification Depth of Granitic Rocks and Formation of Hydrothermal Ore Deposits: *Resource Geology*, v. 57, p. 47-56. 10.1111/j.1751-3928.2006.00004.x.
- WoNes., R. Eucstnn., and HaNs P., 1965, Stability of biotite: experiment, theory, and application: *J American Mineralogist*, v. 50, p. 1228-1272.
- Yavuz, F., 2003, Evaluating micas in petrologic and metallogenic aspect: Part II—Applications using the computer program Mica+: *Computers & Geosciences*, v. 29, p. 1215-1228. 10.1016/S0098-3004(03)00143-2.

Summary

Formation temperature, pressure(T-P) and mineralization of Phu Tai massif based on biotite composition

Phan Đức Lễ¹, Trần Tuấn Anh², Phạm Ngọc Căn², Trần Trọng Hòa²

¹Journal of Geology, ²Geological Institute - VAST

Formation temperature and pressure conditions of intrusive rocks, including granitoids, are always urgent issues for geologists because they are closely related to the issues of origin and mineralogy of rocks. Biotite has been studied extensively and is often used to compare, classify magmas, determine the formation temperature, pressure, determine the phase and formation, determine the acid-base regime of the environment, the origin of the rock and the geochemical conditions of mineral formation. Biotite of Phu Tai massif belongs to the annite - siderophyllite series rich in Fe, high in Mg. According to the composition of biotite in them, the massif was formed at temperatures from 745°C to 802°C with an average of 773°C±12°C and at pressure from 1.38 to 2.29 kbar with an average of 1,72 ± 0.68 kbar, corresponding to a depth of ~ 5,21km. Granite of Phu Tai massif belongs to type I-granite. Biotite in the massif is rich in Cl and poor F, according to mineralization they belong to type-I: belonging to field number 2. Kyrminskyi mountain ridge granite, North Thien Son. Granitoid related to copper-molybdenum (Cu-Mo) mine.

Keywords: Phu Tai, biote, EPMA, Temperature, pressure, mineralization