

Nhiệt độ, áp suất và sinh khoáng khối Sông Hinh trên cơ sở thành phần biotit

Phan Đức Lễ¹, Trần Tuấn Anh², Phạm Ngọc Cân², Trần Trọng Hòa²

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

Email: letapchidiachat@gmail.com

Ngày nhận bài 15/09/2021

Ngày chấp nhận đăng: 15/12/2021

Từ khóa: Nhiệt độ, áp suất, sinh khoáng, Sông Hinh, Biotite, Kontum

Tóm tắt: 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 Sông Hinh thuộc loạt annite - siderophyllite giàu Fe, cao Mg. Theo thành phần của biotit trong chúng, khối được tạo thành ở nhiệt độ từ 736 đến 769°C với trung bình $752^{\circ}\text{C} \pm 12^{\circ}\text{C}$ và áp suất trung bình 1,95 đến 2,74 kbar với trung bình $2,22 \pm 0,68$ kbar, tương ứng với độ sâu ~ 6,63km. Granite khối Sông Hinh thuộc loại I-granit. Biotit trong khối nghèo Cl và F, theo chuyên hóa sinh khoáng chúng thuộc II: Kiểu nước, Granitoid liên quan đến mỏ đồng porphyr Bắc Mỹ, với khoáng hóa Au, Cu, Pb, Zn.

1. 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 khối Sông Hinh chưa thực sự được các nhà địa chất quan tâm.

Đây là một tổ hợp magma phát triển mạnh trong đới uốn nếp Trường Sơn nằm ở phía Đông Nam địa khối Kontum và được khống chế bởi 2 đứt gãy lớn là đứt gãy Sông Ba và đứt gãy Tuy Hòa (Trần Tính (Chủ biên). 1994). Mặc dù khối granitoid Sông Hinh là một thành tạo lớn trong khu vực huyện Sông Hinh, song tư liệu về nguồn gốc, điều kiện nhiệt động lực thành tạo và tiềm năng sinh khoáng còn hạn chế. Trong bài báo, tập thể tác giả cố gắng xác định nguồn gốc, điều kiện nhiệt động lực thành tạo của khối granitoid dựa trên thành phần biotit trong chúng

2. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu là biotit thuộc khối Sông Hinh khu vực huyện Sông Hinh, tỉnh Phú Yên.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

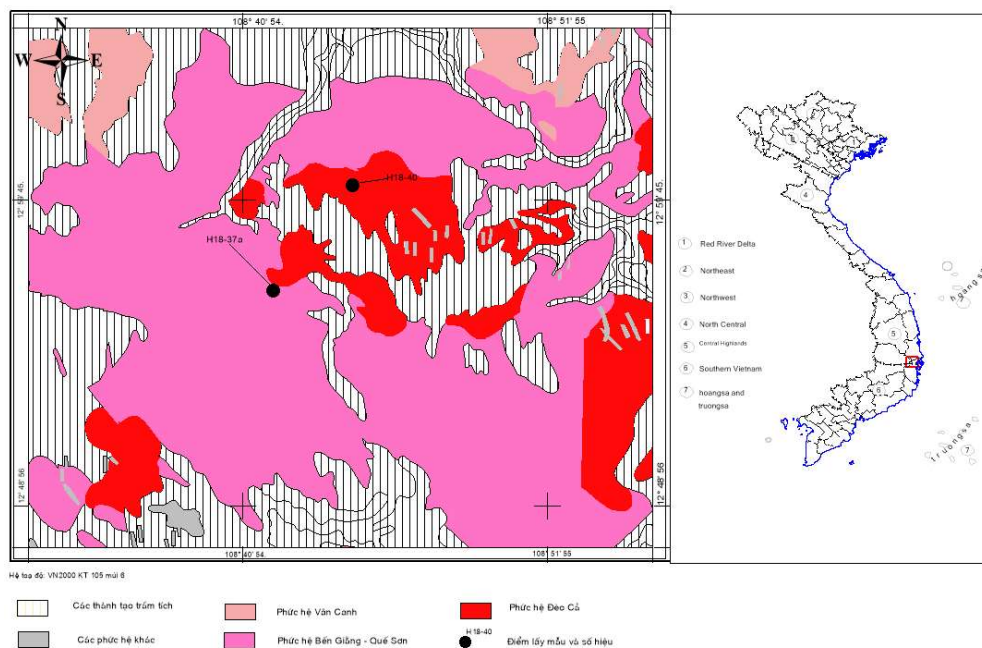
Phân tích đơn khoáng: Do biotit nguồn gốc magma được chia ra 3 loại: (i) Nguyên sinh, tạo thành đầu tiên trong giai đoạn magma sớm; (ii) tái cân bằng trong trạng thái cân bằng với các khoáng vật chứa sắt khác ở giai đoạn magma muộn và (iii) tạo mới hoặc thứ sinh tạo thành trong giai đoạn hậu magma. Thành 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

hiệt 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 SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, Cr₂O₃, Fe₂O₃, MnO, MgO, CaF₂, 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: OH = 4-(F+Cl). Hàm lượng Fe trong biotit được quy về Fe²⁺. 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



Hình 1. Sơ đồ phân bố các phức hệ khối Sông Hinh

Khu vực nghiên cứu nằm về phía Đông Nam địa khối Kontum, gồm chủ yếu các đá granit biotit porphy, granodiorite biotit-horblend. Đá hạt trung, màu xám trắng đốm đen, cấu tạo định hướng, kiến trúc nửa tự hình. Tổ hợp khoáng vật của các đá granitoid phức khối Sông Hinh là: thạch anh + feldspar kali + plagioclas ± pyroxene ± amphibol ± biotit ± sphen ± zircon ± apatite ± magnetite. Đặc điểm các khoáng vật tạo đá chính của granitoid khối Sông Hinh đều tương tự như nhau. Các khoáng vật tạo đá chính có các đặc điểm như trình bày dưới đây:

Plagioclas có dạng tấm lăng trụ, song tinh đa hợp, biến đổi ít, thường là sericit hóa.

Feldspar kali (Orthoclas) kết tinh hạt nửa tự hình, chiếm khoảng 30-40% trong mẫu, orthoclas có cấu tạo perthit, cỡ hạt vừa tới lớn khá tươi.

Thạch anh: dạng hạt tha hình, đôi khi tắt làn sóng yếu, kích thước nhỏ tới trung bình, 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.

Các khoáng vật phụ phổ biến: Sphen-hạt nhỏ, thường có dạng phong bì, độ nổi cao, phân bố rải rác trong đá; Zircon-hạt nhỏ, thường tạo riềm phóng xạ màu xám đen khi nằm trong biotit.

3.2. Thành phần hóa học của biotit

Biotit trong granitoid khối Sông Hinh chiếm khoảng 10% dạng tha hình và méo mó, bị ca nát, lấp đầy khe nứt, đa sắc, màu nâu vàng. Bị clorite hóa có màu đa sắc mạnh. Một số biotite xuất hiện màu có ánh đỏ (chứa Titan). Kết quả phân tích thành phần khoáng vật bằng phương pháp microzond cho thấy biotite của granitoid khối Sông Hinh có thành phần hóa học tương ứng: hàm lượng SiO₂:36,45-36,59%, TiO₂ = 2,51 - 3,15%, Al₂O₃ = 14,41-14,50%, Cr₂O₃: 0,02-0,03%, FeO: 20,98-22,97%, MnO: 0,32-0,40%, MgO: 9,48-9,57%, CaO: 0,00-0,13%, Na₂O: 0,11%, K₂O: 9,39-9,53%; F: 0,87-0,93% và Cl: 0,03-0,05% tương đối thấp (Bảng 1).

Bảng 1. Thành phần hóa học của biotite trong granitoid khối Sông Hinh

T.phần (%)	H18-40 (n=16)																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	TB
SiO ₂	36,70	35,10	36,58	35,43	36,71	36,56	36,50	36,45	36,47	36,73	36,79	36,47	36,34	36,68	36,85	36,78	36,45
TiO ₂	2,54	2,48	2,86	2,50	2,24	2,36	2,60	2,42	2,94	2,54	2,19	2,45	2,54	2,45	2,49	2,64	2,51
Al ₂ O ₃	14,54	14,86	14,41	14,94	14,25	14,05	14,27	14,23	14,66	14,14	14,26	14,51	14,44	15,18	14,98	14,31	14,50
Cr ₂ O ₃	0,02	0,00	0,03	0,05	0,02	0,05	0,05	0,00	0,00	0,02	0,01	0,06	0,04	0,03	0,02	0,00	0,02
FeO	22,48	24,32	23,07	23,81	23,19	23,25	22,57	22,56	22,36	23,49	23,33	23,34	23,26	21,76	21,39	23,40	22,97
MnO	0,39	0,40	0,42	0,45	0,41	0,39	0,40	0,39	0,39	0,37	0,43	0,39	0,39	0,37	0,41	0,45	0,40
MgO	9,57	9,52	9,22	9,89	9,82	9,52	9,72	9,93	9,11	9,40	9,61	9,35	9,39	9,79	9,97	9,37	9,57
CaO	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na ₂ O	0,14	0,08	0,17	0,12	0,12	0,13	0,13	0,12	0,09	0,09	0,10	0,11	0,08	0,10	0,09	0,09	0,11
K ₂ O	9,73	8,29	9,75	8,36	9,65	9,70	9,76	9,75	9,65	9,68	9,81	9,73	9,39	9,71	9,73	9,79	9,53
F	0,92	0,66	0,86	0,85	0,98	0,93	1,04	0,94	0,97	0,95	1,08	0,84	0,89	0,95	0,98	0,97	0,93
Cl	0,04	0,04	0,06	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	0,04	0,05	0,05	0,05	0,06	0,04	0,04	0,05
Total	97,05	95,79	97,42	96,47	97,42	96,99	97,08	96,84	96,70	97,43	97,67	97,30	96,81	97,09	96,94	97,83	97,05
Công thức khoáng vật với 22 đơn vị oxy																	
Si	5,66	5,50	5,64	5,50	5,66	5,67	5,64	5,65	5,64	5,67	5,67	5,63	5,63	5,63	5,65	5,65	5,63
Ti	0,29	0,29	0,33	0,29	0,26	0,28	0,30	0,28	0,34	0,29	0,25	0,28	0,30	0,28	0,29	0,30	0,29
Al	2,64	2,74	2,62	2,73	2,59	2,57	2,60	2,60	2,67	2,57	2,59	2,64	2,64	2,75	2,71	2,59	2,64

T.phần (%)	H18-40 (n=16)																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	TB
Cr	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe	2,90	3,19	2,98	3,10	2,99	3,02	2,92	2,92	2,90	3,03	3,01	3,02	3,02	2,80	2,75	3,01	2,97
Mn	0,05	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,05
Mg	2,20	2,22	2,12	2,29	2,26	2,20	2,24	2,29	2,10	2,16	2,21	2,15	2,17	2,24	2,28	2,15	2,21
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,04	0,02	0,05	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03
K	1,91	1,66	1,92	1,66	1,90	1,92	1,92	1,93	1,91	1,91	1,93	1,92	1,86	1,90	1,91	1,92	1,88
Fe/(Fe+Mg)	0,57	0,59	0,58	0,57	0,57	0,58	0,57	0,56	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,55	0,55	0,58	0,57
XMg	0,43	0,41	0,42	0,43	0,43	0,42	0,43	0,44	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,45	0,45	0,42	0,43
W.F	0,24	0,15	0,23	0,20	0,24	0,24	0,27	0,24	0,26	0,24	0,27	0,22	0,23	0,25	0,25	0,24	0,24
W.Cl	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
W.OH	1,49	1,54	1,46	1,49	1,51	1,50	1,46	1,50	1,44	1,49	1,50	1,52	1,50	1,50	1,48	1,48	1,49
X-Phlo	0,40	0,39	0,39	0,40	0,41	0,40	0,41	0,41	0,39	0,39	0,40	0,39	0,39	0,42	0,42	0,39	0,40
X=Sid	0,29	0,35	0,30	0,34	0,28	0,27	0,28	0,28	0,31	0,28	0,28	0,30	0,30	0,32	0,30	0,29	0,30
X-Ann	0,30	0,26	0,32	0,26	0,32	0,33	0,31	0,31	0,30	0,33	0,32	0,31	0,31	0,27	0,28	0,33	0,30
T°C	746	743	751	745	739	741	748	744	753	744	737	742	745	745	747	746	745
P (kba)	2,27	2,60	2,19	2,58	2,09	2,02	2,13	2,12	2,37	2,03	2,10	2,26	2,25	2,61	2,49	2,10	2,26
Depth	6,87	7,88	6,63	7,81	6,34	6,12	6,46	6,41	7,19	6,16	6,37	6,86	6,82	7,92	7,56	6,37	6,86

Tiếp Bảng 1

T.phần (%)	H18-37 (n=29)														
	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
SiO ₂	36,52	37,04	37,02	36,91	36,33	36,62	36,75	36,21	36,75	36,42	36,72	36,38	35,77	36,65	36,60
TiO ₂	3,22	3,17	3,48	3,47	3,51	3,07	3,48	3,03	3,17	2,38	2,93	3,41	3,55	3,52	3,74
Al ₂ O ₃	14,55	15,05	14,45	14,51	14,06	14,61	14,61	14,50	14,61	14,96	14,54	14,43	9,00	14,12	14,03
Cr ₂ O ₃	0,02	0,04	0,03	0,05	0,02	0,04	0,01	0,04	0,04	0,01	0,01	0,08	0,04	0,03	0,04
FeO	21,90	21,26	21,41	21,69	22,20	21,46	20,69	20,99	21,45	20,68	21,90	21,64	15,86	21,54	22,03
MnO	0,32	0,32	0,32	0,32	0,34	0,32	0,33	0,29	0,34	0,31	0,31	0,31	0,32	0,31	0,31
MgO	9,45	9,68	9,76	9,68	9,44	9,99	9,84	9,79	9,80	10,54	10,07	9,49	0,46	10,02	9,43
CaO	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	32,49	0,00	0,03
Na ₂ O	0,11	0,09	0,16	0,21	0,11	0,08	0,10	0,13	0,11	0,11	0,14	0,08	0,00	0,10	0,11
K ₂ O	9,78	9,85	9,76	9,75	9,71	9,21	9,82	9,63	9,89	9,52	9,68	9,83	0,02	9,84	9,66
F	0,86	0,82	0,85	0,79	0,83	0,84	0,87	0,91	0,92	0,94	0,84	0,84	1,23	0,91	0,77
Cl	0,02	0,03	0,03	0,04	0,03	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,00	0,03	0,04
Total	96,75	97,36	97,28	97,43	96,58	96,32	96,54	95,58	97,10	95,91	97,16	96,54	98,73	97,07	96,79
Công thức khoáng vật với 22 đơn vị ôxy															
Si	5,63	5,64	5,66	5,64	5,63	5,64	5,65	5,64	5,64	5,63	5,63	5,62	5,55	5,63	5,64
Ti	0,37	0,36	0,40	0,40	0,41	0,36	0,40	0,35	0,37	0,28	0,34	0,40	0,41	0,41	0,43
Al	2,64	2,70	2,60	2,61	2,57	2,65	2,65	2,66	2,64	2,73	2,63	2,63	1,65	2,56	2,55
Cr	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00

T.phần (%)	H18-37 (n=29)															
	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
Fe	2,83	2,71	2,74	2,77	2,88	2,77	2,66	2,73	2,75	2,67	2,81	2,80	2,06	2,77	2,84	
Mn	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
Mg	2,17	2,20	2,22	2,20	2,18	2,30	2,25	2,27	2,24	2,43	2,30	2,19	0,11	2,30	2,17	
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,40	0,00	0,00	
Na	0,03	0,03	0,05	0,06	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	0,02	0,00	0,03	0,03	
K	1,92	1,92	1,90	1,90	1,92	1,81	1,92	1,91	1,94	1,88	1,89	1,94	0,00	1,93	1,90	
Fe/(Fe+Mg)	0,57	0,55	0,55	0,56	0,57	0,55	0,54	0,55	0,55	0,52	0,55	0,56	0,95	0,55	0,57	
XMg	0,43	0,45	0,45	0,44	0,43	0,45	0,46	0,45	0,45	0,48	0,45	0,44	0,05	0,45	0,43	
W.F	0,22	0,20902	0,22	0,20	0,22	0,21	0,23	0,24	0,23	0,24	0,21	0,22	0,00	0,24	0,20	
W.Cl	0,00	0,00427	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	
W.OH	1,44	1,44768	1,39	1,40	1,41	1,44	1,40	1,44	1,43	1,50	1,47	1,43	0,00	1,40	1,39	
X-Phlo	0,40	0,41	0,41	0,41	0,40	0,42	0,42	0,42	0,41	0,45	0,42	0,40	0,04	0,42	0,39	
X=Sid	0,30	0,31	0,28	0,29	0,28	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,28	0,29	-0,20	0,27	0,27	
X-Ann	0,30	0,28	0,31	0,31	0,33	0,29	0,29	0,29	0,30	0,26	0,30	0,30	1,16	0,32	0,33	
T ⁰ C	759	759	764	764	763	759	766	759	760	749	756	763	747	766	767	
P (kba)	2,27	2,47	2,14	2,17	2,02	2,30	2,28	2,33	2,26	2,54	2,22	2,22	-1,05	1,98	1,95	
Depth	6,89	7,47	6,47	6,56	6,11	6,97	6,91	7,05	6,86	7,71	6,72	6,73	-3,19	6,01	5,92	

Tiếp Bảng 1

T.phần (%)	H18-37														
	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	TB
SiO ₂	36,71	36,04	36,27	37,35	36,98	36,76	36,40	36,77	36,46	36,53	36,67	35,96	36,74	36,89	36,59
TiO ₂	3,66	3,15	3,36	2,94	2,59	2,43	2,89	3,30	3,27	3,19	3,04	3,03	3,05	2,42	3,15
Al ₂ O ₃	14,24	14,26	14,49	14,75	14,73	14,86	14,40	14,72	14,81	14,82	14,57	15,10	14,92	15,29	14,41
Cr ₂ O ₃	0,03	0,06	0,04	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,00	0,01	0,02	0,02	0,03	0,01	0,03
FeO	20,70	21,18	20,71	20,73	20,84	20,64	21,82	20,62	20,91	20,92	20,84	20,61	20,65	20,67	20,98
MnO	0,33	0,36	0,35	0,32	0,31	0,27	0,38	0,33	0,29	0,29	0,34	0,29	0,28	0,30	0,32
MgO	9,99	9,72	9,48	10,50	10,15	10,16	9,85	9,92	9,52	9,61	9,84	9,14	9,77	9,94	9,48
CaO	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,01	0,00	1,13
Na ₂ O	0,12	0,10	0,14	0,11	0,11	0,07	0,08	0,10	0,11	0,13	0,13	0,07	0,18	0,14	0,11
K ₂ O	9,81	9,68	9,74	9,82	9,84	9,55	9,82	9,91	9,69	9,67	9,81	9,57	9,78	9,75	9,39
F	0,78	0,84	0,80	0,88	0,96	0,97	0,94	0,91	0,86	0,83	0,85	0,76	0,81	0,95	0,87
Cl	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03
Total	96,41	95,42	95,40	97,43	96,54	95,75	96,63	96,63	95,98	96,03	96,15	94,68	96,25	96,42	96,51

Công thức khoáng vật với 22 đơn vị ôxy

Si	5,65	5,63	5,64	5,67	5,68	5,69	5,63	5,65	5,64	5,64	5,66	5,63	5,65	5,67	5,64
Ti	0,42	0,37	0,39	0,34	0,30	0,28	0,34	0,38	0,38	0,37	0,35	0,36	0,35	0,28	0,37
Al	2,58	2,62	2,66	2,64	2,67	2,71	2,62	2,66	2,70	2,70	2,65	2,79	2,70	2,77	2,62
Cr	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe	2,67	2,77	2,70	2,64	2,68	2,67	2,82	2,65	2,71	2,70	2,69	2,70	2,66	2,66	2,71
Mn	0,04	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04

T.phần (%)	H18-37															
	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	TB	
Mg	2,29	2,26	2,20	2,38	2,33	2,34	2,27	2,27	2,20	2,21	2,27	2,13	2,24	2,28	2,18	
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,19	
Na	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,02	0,05	0,04	0,03	
K	1,93	1,93	1,93	1,90	1,93	1,88	1,94	1,94	1,91	1,91	1,93	1,91	1,92	1,91	1,85	
Fe/(Fe+Mg)	0,54	0,55	0,55	0,53	0,54	0,53	0,55	0,54	0,55	0,55	0,54	0,56	0,54	0,54	0,56	
XMg	0,46	0,45	0,45	0,47	0,46	0,47	0,45	0,46	0,45	0,45	0,46	0,44	0,46	0,46	0,44	
W.F	0,20	0,22	0,22	0,22	0,24	0,25	0,24	0,24	0,23	0,22	0,23	0,19	0,21	0,24	0,22	
W.Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	
W.OH	1,39	1,44	1,42	1,45	1,47	1,49	1,46	1,42	1,43	1,44	1,45	1,46	1,44	1,49	1,39	
X-Phlo	0,42	0,41	0,41	0,44	0,44	0,44	0,41	0,42	0,41	0,42	0,42	0,41	0,42	0,43	0,40	
X=Sid	0,27	0,29	0,29	0,27	0,28	0,29	0,29	0,29	0,31	0,30	0,29	0,33	0,30	0,31	0,27	
X-Ann	0,31	0,30	0,29	0,29	0,28	0,27	0,30	0,29	0,28	0,28	0,29	0,26	0,28	0,26	0,32	
T ⁰ C	769	760	764	759	751	748	755	763	762	761	759	757	759	747	759	
P (kba)	2,07	2,21	2,32	2,26	2,35	2,49	2,21	2,34	2,46	2,45	2,30	2,74	2,48	2,69	2,19	
Depth (km)	6,27	6,69	7,03	6,84	7,13	7,54	6,69	7,08	7,45	7,43	6,97	8,32	7,51	8,15	6,63	

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 kê 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 736 đến 769°C với trung bình 752°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 có kết có thể được ước tính theo phương trình thực nghiệm:

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

Trong đó ^TAl-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 1,95 đến 2,74 kbar với trung bình 2,22 ± 0,68 kbar (Bảng 1).

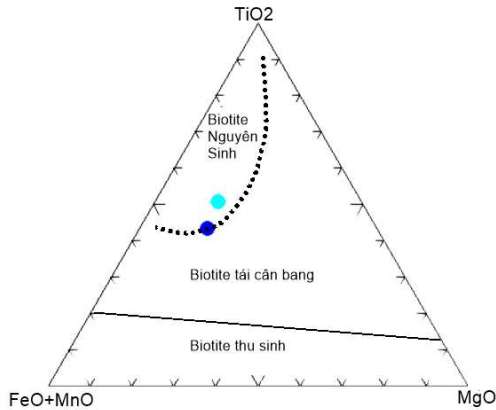
Thảo luận

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.

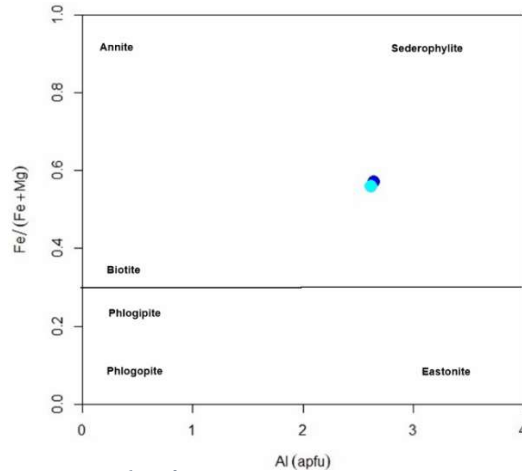
Nhiệt độ thành tạo của biotit trong granit xét theo Ti (WoNes. et al., 1965) từ 736 đến 769°C với trung bình 752°C ± 12°C. Do biotit thường kết tinh ở giai đoạn cuối của quá trình đông nguội magma nên nhiệt độ thành tạo của chúng trong granit và thường thấp hơn nhiệt độ bắt đầu đông nguội khối magma, 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

1,95 đến 2,74 kbar với trung bình 2,22kba. Với giá trị áp suất trung bình 2,22 kbar, có thể nói khối thành tạo ở độ sâu ~ 6,63km ứng với tương mezoabyssal. Phân loại granite dựa trên

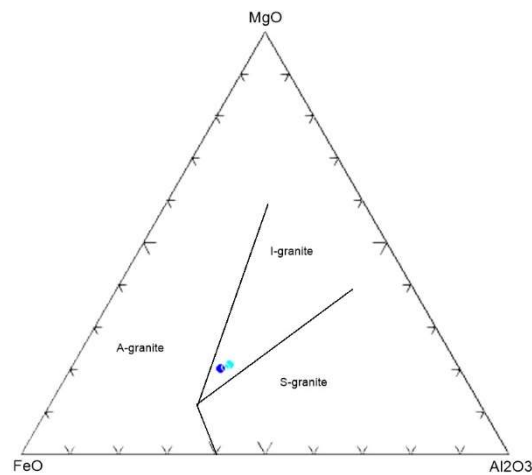
thành phần FeO-MgO-Al₂O₃ của Biotite theo Abdel-Rahman (1994) cho thấy khối Sông Hình thuộc kiểu I-granite (Hình 4).



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



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



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

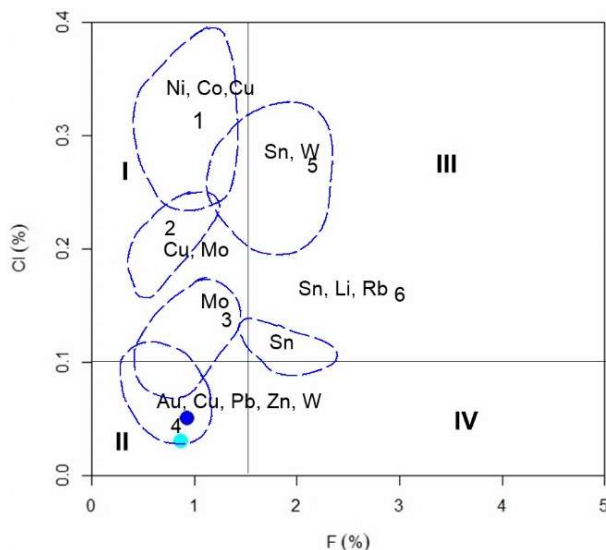
3.4. Tiềm năng sinh khoáng

Các halogen đóng vai trò quan trọng trong quá trình tiên 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 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 chuyên hóa chất bốc - sinh khoáng, biotit của khối Sông Hình

phân bố chủ yếu trong trường chuyên hóa chất bốc-sinh khoáng nghèo Clo và F theo chuyên hóa sinh khoáng chúng thuộc II: Kiểu nước, Granitoid liên quan đến mỏ đồng porphyr Bắc Mỹ, với khoáng hóa Au, Cu, Pb, Zn (Hình 5).



Hình 5. Thành phần granitoid khối Sông Hình 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 Sokytskyi và Oldodinskyi, Zabaikalya; 6 - greizen và mạch thạch anh quặng hóa W -Sn, Zabaikalya; 7 - granitoid các khối Akatyskyi và Sherlovogornyi, Zabaikalya; IV - kiểu F. (Bushlyakov I.N. and Kholodnov V.V., 2001).

4. Kết luận

Biotit khối Sông Hình thuộc loạt annite - siderophyllite giàu Fe, cao Mg. Theo thành phần của biotit trong chúng, khối được tạo thành ở nhiệt độ từ 736 đến 769°C và áp suất 1,95 đến 2,74 kbar, tương ứng với độ sâu ~ 6,63km. Granite khối Sông Hình thuộc loại I-granit. Biotit trong khối nghèo Cl và F, theo chuyên hóa sinh khoáng chúng thuộc II: Kiểu nước, Granitoid liên quan đến mỏ đồng porphyr Bắc Mỹ, với khoáng hóa Au, Cu, Pb, Zn.

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.

Bushlyakov I.N., and Kholodnov V.V., 2001, Fluorine and chlorine as indicators of granite magma productivity. Ore-Bearing granite of

Russia and Adjacent Countries, Moscow, IMGRE.57-68

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 neofomed 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 granitoïdes: *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 Song Hinh massif based on biotite composition

Phan Đức Lễ¹, Trần Tuấn Anh², Phạm Ngọc Cẩn², Trần Trọng Hòa²

¹Journal of Geology, ²Geological Institute - VAST

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 Song Hinh 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 736 to 769°C with an average of 752°C±12°C and at pressure from 1.95 to 2.74 kbar with an average of 2.22 ± 0.68 kbar, corresponding to a depth of ~ 6.63km. Granite of Song Hinh massif belongs to type I-granite. Biotite in the massif is poor in Cl and F, according to mineralization they belong to type-II: Water type, Granitoid related to North American porphyry copper mines, with Au, Cu, Pb, Zn mineralization.

Keywords: Temperature, pressure, mineralization, Song Hinh massif, Biotite, Kontum