

ĐIỀU KIỆN NHIỆT ĐỘNG THÀNH TẠO GRANITOID TỔ HỢP BẾN GIỀNG - QUẾ SƠN TRÊN CƠ SỞ THÀNH PHẦN BIOTIT CỦA CHÚNG

PHAN LUU ANH, TRẦN TRỌNG HÒA, TRẦN TUẤN ANH,
NGÔ THỊ PHƯỢNG, NGUYỄN ÁNH DƯƠNG

I. MỞ ĐẦU

Các thành tạo granitoid thuộc tổ hợp Bến Giềng - Quế Sơn (E.P. Izokh, 1981 [7]) luôn là đối tượng quan tâm của các nhà địa chất. Đây là một trong những tổ hợp magma phát triển mạnh nhất trong đới uốn nếp Trường Sơn; ở một số khối 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 các khối trong tổ hợp cũng như điều kiện P-T 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 và chế độ chất bốc trong quá trình thành tạo chúng. Trong bài báo này, biotit từ các đá granit của một số khối thuộc tổ hợp Bến Giềng - Quế Sơn lần đầu tiên được xem xét toàn diện nhằm xác định các thông số nhiệt động thành tạo và tính chuyên hóa sinh khoáng của chúng. Các kết quả nghiên cứu sẽ góp phần làm sáng tỏ đặc điểm thạch luận của tổ hợp, đồng thời giới thiệu một phương pháp nghiên cứu mới về điều kiện nhiệt động thành tạo granitoid lần đầu được áp dụng ở Việt Nam.

II. SƠ LƯỢC ĐẶC ĐIỂM ĐỊA CHẤT, THÀNH PHẦN VẬT CHẤT CỦA MỘT SỐ KHỐI GRANITOID VÀ BIOTIT

Tổ hợp diorit-granodiorit-granit biotit-amphibol loại kiềm - vôi tuổi Permi - Trias thuộc phức hệ Bến Giềng - Quế Sơn [7] phổ biến khá rộng rãi ở rìa bắc khối nhô Kon Tum (đọc theo đới đứt gãy Thà Khệt - Đà Nẵng) và rìa tây khối nhô Kon Tum (đọc theo đới đứt gãy Khâm Đức - Sa Thầy) với các khối xâm nhập điển hình như Quế Sơn, Bến Giềng, An Khê, M'Drak... Tuy nhiên, trong bài báo này chỉ giới thiệu

các kết quả nghiên cứu về các khối Quế Sơn, Đường Hồ Chí Minh và Sa Thầy. Các khối này tạo nên những thể batolit khá lớn, xuyên cắt các đá trầm tích phun trào Paleozoi sớm - giữa gây sùng hoá ở nhiều mức độ khác nhau và bị phủ bởi các thành tạo Jura - Creta (hình 1).

Khối Quế Sơn có dạng kéo dài theo phương á vĩ tuyến từ phía nam đứt gãy Làng Rô thuộc Phước Hiệp ở phía tây đến Trà Kiện ở phía đông, có cấu tạo địa chất rất phức tạp gồm nhiều pha xuyên cắt nhau tạo nên tính đa dạng về thành phần thạch học.

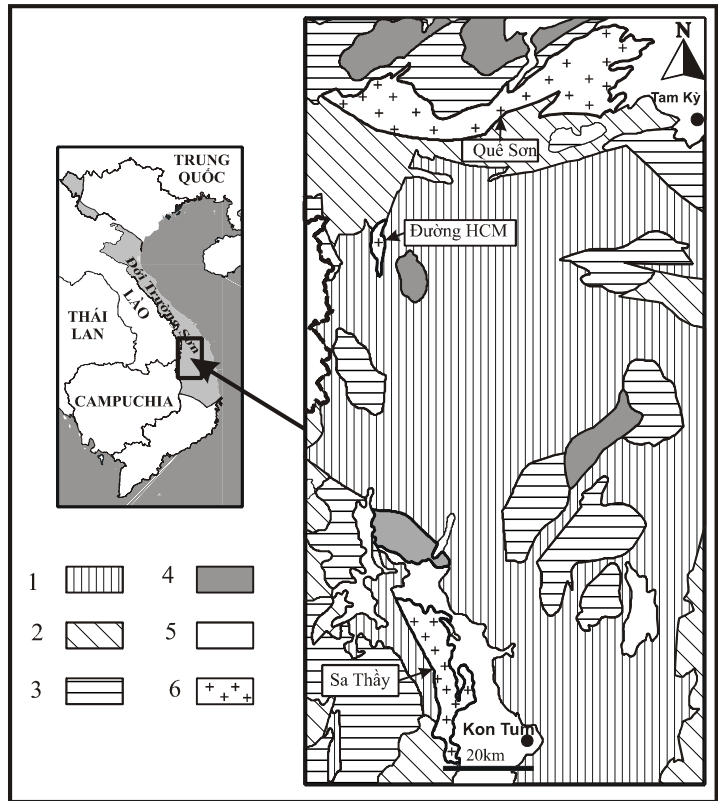
Thành phần thạch học của tổ hợp là dãy phân dị liên tục từ diorit, diorit thạch anh hornblend - biotit hạt vừa và nhỏ, từ sẫm màu đến sáng màu, granodiorit hornblend - biotit hạt vừa, màu trắng sáng có thạch anh nổi ban yếu, granodiorit hornblend - biotit hạt vừa dạng porphyr có ban tinh feldspar màu hồng nhạt, ít phổ biến hơn là granit biotit - hornblend hạt vừa đôi khi có dạng porphyr có ban tinh feldspar hạt trung, màu xám sáng. Trong từng khối có thể có mặt đầy đủ các biến loại (Quế Sơn) hoặc một số biến loại của dãy phân dị (các khối Đường Hồ Chí Minh, Sa Thầy). Các biến loại này đặc trưng bởi tổ hợp khoáng vật cộng sinh bền vững Q+Pl + Ksp+Bi±Hb và chỉ khác nhau bởi tương quan định lượng của các khoáng vật đó. Tổ hợp khoáng vật phụ thường gặp là magnetit, ilmenit, apatit, zircon, sphen. Hàm lượng ortit tăng cao hơn ở pha cuối phản ánh đặc điểm phân dị theo chiều hướng tăng cao kali [6]. Phổ tuổi của granitoid thuộc tổ hợp nghiên cứu biến thiên khá rộng từ 269 đến 232 tr.n [6].

Biotit có mặt trong tất cả các biến loại của tổ hợp từ một vài đến 10 % tùy vào độ sẫm màu của chúng, thường ở dạng vẩy nhỏ, kích thước 0,25-1,1 mm, tha hình, có màu nâu, đa sắc mạnh, cát khai hoàn chỉnh

Hình 1. →

Vị trí các khối granitoid Quế Sơn, Đường Hồ Chí Minh và Sa Thầy trên sơ đồ cấu trúc địa chất vùng

Ký hiệu : 1. các thành tạo Tiền Cambri, 2. các thành tạo Paleozoi sớm-giữa, 3. các thành tạo Permi-Trias, 4. các thành tạo Jura-Creta, 5. các thành tạo Kainozoi, 6. các khối granit



theo Ng. Biotit thường bị clorit hoá không đều và thường chứa zircon, apatit. Thành phần hoá học của biotit được nêu trong *bảng 1* và biểu diễn trên *hình 2*. Chúng thuộc loại giàu Fe, nghèo Al, thuộc loạt Phlogopit-Annit. Độ sắt $f(Fe/(Fe+Mg))$ trong biotit của khối Quế Sơn có phổ biến thiên cao nhất, với giá trị từ 0,45 đến 0,81, có xu hướng đồng biến với Al^{IV} . Độ sắt thấp nhất (0,39-0,48) là của biotit trong khối Sa Thầy. Biotit của khối Đường Hồ Chí Minh giữ vị trí trung gian với phổ biến thiên 0,53-0,64. Đối với hai khối này, không quan sát được mối tương quan rõ rệt với đại lượng Al^{IV} .

III. CÁC THÔNG SỐ NHIỆT ĐỘNG THÀNH TẠO

Khi nói đến điều kiện nhiệt động thành tạo của granitoid có nghĩa là đề cập đến các thông số về áp suất (P), nhiệt độ (T), chế độ chất bốc (áp suất riêng phần của H_2O , O_2 , F, Cl.. trong chất bốc) trong quá trình thành tạo granitoid đó.

Nhiệt độ thành tạo của đá có thể xác định bằng nhiều phương pháp khác nhau : theo sự nóng chảy của bao thể; bằng đồ thị : giao điểm của đường cong bền vững H_2O -T với đường cong nóng chảy của hệ "granit - hơi nước", hoặc sử dụng các địa nhiệt kế

dựa vào thành phần các cặp khoáng vật tạo đá trong granitoid... Các địa nhiệt kế kiểu này đòi hỏi thành phần hóa học các cặp khoáng vật tạo đá cộng sinh trong đá (ví dụ Amf-Bi, Amf-Cpx, Bi-Gr...), không phải luôn phù hợp đối với mọi biến loại đá. Mới đây, trên cơ sở các kết quả thực nghiệm, Darrell J. Henry và nnk (2005) [4] đã đưa ra địa nhiệt kế dựa vào thành phần biotit :

$$T = \left(\frac{\ln(Ti) - a - cXMg^3}{b} \right)^{0,333}$$

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, $XMg = Mg/(Mg + Fe)$, $a = -2,3594$, $b = 4,6482 \times 10^{-9}$ và $c = -1,7283$, sai số $\pm 24^\circ C$ đối với biến loại nhiệt độ thấp ($< 600^\circ C$) và $\pm 12^\circ C$ đối với biến loại nhiệt độ cao ($> 600^\circ C$). Theo địa nhiệt kế này, nhiệt độ thành tạo biotit trong các đá của tổ hợp Bến Giàng - Quế Sơn được trình bày trong *bảng 1*. Nhiệt độ thành tạo biotit của khối Đường Hồ Chí Minh từ $600^\circ C$ đến $700^\circ C$, khối Quế Sơn là $620^\circ C - 690^\circ C$ và khối Sa Thầy là $670^\circ C - 720^\circ C$ (*bảng 1*). Đây là nhiệt độ thành tạo của biotit trong granitoid, thường thấp hơn nhiệt độ bắt đầu

Bảng 1. Thành phần hóa học của biotit (%tl) trong granitoid tổ hợp Bến Giằng - Quế Sơn và các thông số nhiệt động thành tạo của chúng

	Ký hiệu mẫu và số thứ tự										
	H4000/1 1	H4000/3 2	H4001/1 3	H4001/2 4	H4001/3 5	H4001/4 6	H4001/5 7	H4002/1 8	H4002/2 9	H4002/3 10	H4002/4 11
Na ₂ O	0,19	0,13	0,09	0,04	0,10	0,11	0,04	0,05	0,05	0,06	0,04
F	0,31	0,25	0,30	0,25	0,33	0,41	0,21	0,30	0,27	0,17	0,28
SiO ₂	36,24	36,31	35,19	36,09	35,93	36,11	36,05	35,62	35,51	36,22	35,99
K ₂ O	9,40	9,45	9,89	9,85	9,96	9,52	9,77	9,65	9,72	9,81	9,84
FeO	22,38	22,50	22,02	21,38	21,39	21,53	21,77	23,85	23,47	24,06	22,75
MgO	9,07	9,28	8,74	8,74	8,78	8,25	8,70	8,11	7,71	7,69	8,69
Cl	0,03	0,05	0,12	0,10	0,10	0,11	0,11	0,09	0,08	0,09	0,09
CaO	0,02	0,00	0,03	0,00	0,02	0,03	0,02	0,00	0,03	0,02	0,00
MnO	0,36	0,38	0,33	0,33	0,35	0,34	0,32	0,30	0,29	0,33	0,33
Al ₂ O ₃	14,66	14,70	16,88	16,76	16,77	17,20	16,69	15,27	15,41	15,25	15,49
TiO ₂	3,54	2,59	2,48	3,19	3,05	3,30	2,87	3,39	3,81	3,94	3,43
Cr ₂ O ₃	0,00	0,02	0,03	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02
Tổng	96,05	95,55	95,94	96,61	96,64	96,71	96,42	96,47	96,23	97,53	96,81
Fe/(Fe+Mg)	0,58	0,58	0,59	0,58	0,58	0,6	0,59	0,63	0,63	0,64	0,6
Mg/(Fe+Mg)	0,42	0,42	0,41	0,42	0,42	0,4	0,41	0,37	0,37	0,36	0,4
Phl	0,36	0,37	0,35	0,35	0,35	0,33	0,35	0,33	0,31	0,31	0,35
Sid	0,33	0,32	0,46	0,44	0,44	0,47	0,44	0,39	0,41	0,39	0,38
Ann	0,31	0,30	0,19	0,22	0,21	0,21	0,22	0,28	0,28	0,30	0,27
T°C	687	636	626	668	661	671	650	674	692	694	678
lg(fHF/fH ₂ O)	-3,71	-3,94	-3,81	-3,79	-3,68	-3,54	-3,93	-3,68	-3,66	-3,87	-3,73
lg(fHCl/fH ₂ O)	-1,77	-1,79	-1,48	-1,31	-1,36	-1,31	-1,39	-1,35	-1,35	-1,34	-1,33
lg(fHF/fHCL)	-1,95	-2,17	-2,38	-2,52	-2,36	-2,27	-2,58	-2,36	-2,35	-2,56	-2,42
lgfO ₂	-11,49	-12,93	-13,22	-11,99	-12,19	-11,93	-12,53	-11,83	-11,35	-11,29	-11,72
lg(X _F /X _{OH})	-2,51	-2,23	-1,83	-1,91	-1,92	-1,88	-1,86	-1,94	-2,01	-1,99	-1,98
lg(X _{Mg} /X _{Fe}) _{Bi}	-0,15	-0,14	-0,16	-0,14	-0,14	-0,17	-0,15	-0,22	-0,24	-0,25	-0,17

Bảng 1 (tiếp theo)

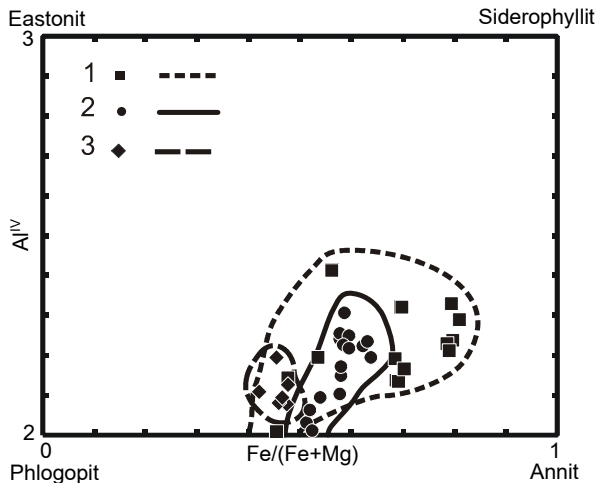
	Ký hiệu mẫu và số thứ tự										
	H4002/5 12	H4018/1 13	H4018/2 14	H4018/3 15	H4018/4 16	H4018/5 17	DL042/1 18	DL042/2 19	DL042/3 20	DL042/4 21	DL044/1 22
Na ₂ O	0,19	0,13	0,09	0,04	0,10	0,11	0,04	0,05	0,05	0,06	0,19
F	0,31	0,25	0,30	0,25	0,33	0,41	0,21	0,30	0,27	0,17	0,31
SiO ₂	36,39	36,47	35,19	36,09	35,93	36,01	36,06	35,41	35,30	36,22	36,55
K ₂ O	9,40	9,45	9,89	9,85	9,96	9,52	9,77	9,65	9,72	9,81	9,40
FeO	22,38	22,50	22,02	21,38	21,39	21,53	21,77	23,87	23,29	24,06	22,38
MgO	9,48	9,68	8,74	8,74	8,78	8,25	8,70	8,11	7,67	7,65	9,88
Cl	0,03	0,05	0,12	0,10	0,10	0,11	0,11	0,09	0,08	0,09	0,03
CaO	0,02	0,00	0,03	0,00	0,02	0,03	0,02	0,00	0,03	0,02	0,02
MnO	0,36	0,38	0,33	0,33	0,35	0,34	0,32	0,30	0,29	0,33	0,36
Al ₂ O ₃	14,74	14,79	16,88	16,76	16,77	17,20	16,69	15,27	15,41	15,25	14,83
TiO ₂	3,54	2,37	2,27	3,19	3,05	3,30	2,87	3,39	3,81	3,94	3,54
Cr ₂ O ₃	0,00	0,02	0,03	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
Tổng	96,05	95,13	95,17	96,61	96,64	96,71	96,42	96,47	96,23	97,53	96,05
Fe/(Fe+Mg)	0,58	0,52	0,53	0,54	0,53	0,53	0,48	0,49	0,47	0,47	0,81
Mg/(Fe+Mg)	0,42	0,48	0,47	0,46	0,47	0,47	0,52	0,51	0,53	0,53	0,19
Phl	0,35	0,44	0,42	0,41	0,42	0,42	0,46	0,44	0,45	0,48	0,15
Sid	0,43	0,29	0,30	0,32	0,30	0,28	0,24	0,31	0,26	0,24	0,64
Ann	0,22	0,28	0,28	0,27	0,28	0,30	0,31	0,25	0,29	0,29	0,21
T°C	596	558	609	591	547	586	668	667	690	640	637
lg($\frac{HF}{H_2O}$)	-3,95	-4,05	-3,79	-3,91	-4,02	-3,89	-3,60	-3,67	-3,57	-3,63	-3,89
lg($\frac{HCl}{H_2O}$)	-1,82	-1,95	-1,60	-1,76	-1,99	-1,65	-1,59	-1,52	-1,36	-2,24	-1,63
lg($\frac{HF}{HCL}$)	-2,17	-2,12	-2,21	-2,17	-2,05	-2,26	-2,02	-2,17	-2,22	-1,39	-2,33
lg/O ₂	-14,20	-15,50	-13,76	-14,37	-15,90	-14,53	-12,01	-12,04	-11,40	-12,81	-12,91
lg($\frac{X_F}{X_{OH}}$)	-1,96	-1,99	-1,99	-1,99	-1,93	-1,86	-2,40	-2,30	-2,28	-2,87	-1,64
lg($\frac{X_{Mg}}{X_{Fe}}/Bi$)	-0,14	-0,03	-0,04	-0,08	-0,05	-0,05	0,03	0,01	0,06	0,05	-0,64

Bảng 1 (tiếp theo)

	Ký hiệu mẫu và số thứ tự										
	DL044/2 23	DL044/3 24	DL044/4 25	DL044/5 26	DL045/2 27	DL045/3 28	DL052/1 29	DL052/2 30	DL052/3 31	DL052/4 32	DL052/5 33
Na ₂ O	0,13	0,09	0,04	0,10	0,11	0,04	0,05	0,05	0,06	0,04	0,19
F	0,25	0,30	0,25	0,33	0,41	0,21	0,30	0,27	0,17	0,28	0,31
SiO ₂	36,62	35,19	36,09	35,94	36,12	36,17	35,20	35,94	36,22	35,99	36,70
K ₂ O	9,45	9,89	9,85	9,96	9,52	9,77	9,65	9,72	9,81	9,84	9,40
FeO	22,50	22,02	21,38	21,39	21,53	21,77	23,67	23,11	24,06	22,75	22,38
MgO	9,11	8,74	8,74	8,78	8,25	8,70	8,11	7,62	7,60	8,69	9,13
Cl	0,05	0,12	0,10	0,10	0,11	0,11	0,09	0,08	0,09	0,09	0,03
CaO	0,00	0,03	0,00	0,02	0,03	0,02	0,00	0,03	0,02	0,00	0,02
MnO	0,38	0,33	0,33	0,35	0,34	0,32	0,30	0,29	0,33	0,33	0,36
Al ₂ O ₃	14,87	16,88	16,76	16,77	17,20	16,69	15,27	15,41	15,25	15,49	14,92
TiO ₂	2,16	2,47	3,19	3,05	3,30	2,87	3,39	3,81	3,94	3,43	3,54
Cr ₂ O ₃	0,02	0,03	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00
Tổng	95,21	95,25	96,61	96,64	96,71	96,42	96,47	96,23	97,53	96,82	96,06
Fe/(Fe+Mg)	0,8	0,79	0,79	0,8	0,54	0,57	0,69	0,69	0,7	0,69	0,71
Mg/(Fe+Mg)	0,2	0,21	0,21	0,2	0,46	0,43	0,31	0,31	0,3	0,31	0,29
Phl	0,15	0,17	0,16	0,16	0,42	0,43	0,28	0,28	0,28	0,27	0,27
Sid	0,63	0,62	0,58	0,66	0,32	0,38	0,37	0,34	0,42	0,34	0,34
Ann	0,21	0,22	0,26	0,18	0,27	0,19	0,35	0,38	0,30	0,39	0,39
T°C	645	629	675	621	665	628	666	666	644	673	670
lg(<i>f</i> HF/ <i>f</i> H ₂ O)	-3,68	-3,78	-3,52	-4,15	-4,13	-4,19	-3,57	-3,64	-3,96	-3,83	-3,67
lg(<i>f</i> HCl/ <i>f</i> H ₂ O)	-1,56	-1,59	-1,37	-1,94	-0,77	-1,10	-1,36	-1,44	-1,64	-1,36	-1,46
lg(<i>f</i> HF/ <i>f</i> HCL)	-2,18	-2,25	-2,20	-2,28	-3,39	-3,13	-2,23	-2,21	-2,35	-2,48	-2,23
lg/ <i>O</i> ₂	-12,66	-13,16	-11,81	-13,41	-12,08	-13,16	-12,06	-12,06	-12,70	-11,88	-11,95
lg(<i>X</i> _{Fe} / <i>X</i> _{OH})	-1,64	-1,59	-1,64	-1,87	-1,47	-1,61	-1,82	-1,88	-1,96	-1,83	-1,90
lg(<i>X</i> _{Mg} / <i>X</i> _{Fe}) _{Bi}	-0,60	-0,57	-0,59	-0,59	-0,07	-0,11	-0,34	-0,35	-0,37	-0,36	-0,38

Bảng 1 (tiếp theo)

	Ký hiệu mẫu và số thứ tự										Chỉ dẫn
	H4026/1 34	H4026/2 35	H4026/3 36	H4026/4 37	H4026/5 38	IR24/1 39	IR24/2 40	IR24/3 41	IR24/4 42	IR24/5 43	
Na ₂ O	0,13	0,09	0,04	0,10	0,11	0,04	0,05	0,05	0,06	0,04	Các mẫu 1-17 : đường Hồ Chí Minh, 18-33 : Quế Sơn, 34-43 : Sa Thầy, Phân tích trên microzond CAMEBAX tại Viện Địa chất và Khoáng vật học SB RAS, Novosibirsk, điện thế E = 20 keV, cường độ I = 30 nA
F	0,25	0,30	0,25	0,33	0,41	0,21	0,30	0,27	0,17	0,28	
SiO ₂	36,78	35,19	36,09	35,94	36,23	36,29	35,11	35,12	36,22	35,99	
K ₂ O	9,45	9,89	9,85	9,96	9,52	9,77	9,65	9,72	9,81	9,84	
FeO	22,50	22,02	21,38	21,39	21,53	21,77	23,14	23,18	24,06	22,75	
MgO	9,15	8,74	8,74	8,78	8,25	8,70	8,11	7,58	7,56	8,69	
Cl	0,05	0,12	0,10	0,10	0,11	0,11	0,09	0,08	0,09	0,09	
CaO	0,00	0,03	0,00	0,02	0,03	0,02	0,00	0,03	0,02	0,00	
MnO	0,38	0,33	0,33	0,35	0,34	0,32	0,30	0,29	0,33	0,33	
Al ₂ O ₃	14,96	16,88	16,76	16,77	17,20	16,69	15,27	15,41	15,25	15,49	
TiO ₂	2,62	2,17	3,19	3,05	3,30	2,87	3,39	3,81	3,94	3,43	
Cr ₂ O ₃	0,02	0,03	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	
Tổng	95,29	95,33	96,61	96,64	96,71	96,42	96,47	96,23	97,53	96,82	
Fe/(Fe+Mg)	0,39	0,4	0,43	0,42	0,41	0,48	0,46	0,46	0,48	0,47	
Mg/(Fe+Mg)	0,61	0,6	0,57	0,58	0,59	0,52	0,54	0,54	0,52	0,53	
Phl	0,56	0,55	0,53	0,54	0,54	0,45	0,50	0,48	0,45	0,47	
Sid	0,11	0,11	0,17	0,12	0,11	0,28	0,29	0,26	0,30	0,27	
Ann	0,33	0,34	0,30	0,35	0,35	0,27	0,22	0,27	0,25	0,26	
T°C	704	694	712	703	705	675	664	673	679	680	
lg(fHF/fH ₂ O)	-3,21	-3,34	-3,43	-3,33	-3,27	-3,82	-3,76	-3,62	-3,66	-3,58	
lg(fHCl/fH ₂ O)	-1,12	-1,01	-1,06	-0,88	-0,86	-0,95	-0,96	-1,07	-0,84	-0,97	
lg(fHF/fHCL)	-2,08	-2,33	-2,37	-2,45	-2,39	-2,89	-2,82	-2,56	-2,84	-2,63	
lgfO ₂	-11,04	-11,29	-10,82	-11,07	-11,00	-11,82	-12,11	-11,88	-11,70	-11,67	
lg(X _F /X _{OH})	-2,39	-2,21	-2,29	-2,08	-2,10	-1,79	-1,82	-1,95	-1,70	-1,87	
lg(X _{Mg} /X _{Fe}) _{Bi}	0,19	0,17	0,12	0,15	0,15	0,04	0,07	0,06	0,03	0,05	



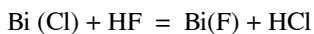
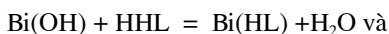
Hình 2. Thành phần biotit trong granitoid tổ hợp Bến Giàng - Quế Sơn trong tương quan Al^{IV} - $Fe/(Fe+Mg)$

1. Quế Sơn, 2. Đường Hồ Chí Minh, 3. Sa Thầy

quá trình kết tinh do biotit được thành tạo muộn hơn các khoáng vật tạo đá khác như plagioclas, feldspar kali trong hệ. Biotit trong granitogneis của khối Đường Hồ Chí Minh được thành tạo ở nhiệt độ 550 °C - 610 °C (bảng 1), thể hiện nhiệt độ thành tạo của biotit trong quá trình gneis hóa về sau.

Với nhiệt độ thành tạo đã nêu, bằng phương pháp đồ thị, căn cứ vào đường cong bền vững $PH_2O/PS-T$ và đường cong nóng chảy của hệ "granit - hơi nước", cho thấy áp suất thành tạo của khối Đường Hồ Chí Minh - 3,4 kbar, khối Quế Sơn - 3,0 kbar và khối Sa Thầy - 2,9 kbar, tương đương với độ sâu từ 9 km (khối Quế Sơn, Sa Thầy) đến 11 km (khối Đường Hồ Chí Minh).

Các thực nghiệm về biotit và chế độ chất bốc của quá trình thành tạo granitoid cho thấy phản ứng trao đổi giữa biotit và dung thể silicat hoặc pha hơi nước - chất bốc có thể biểu diễn như sau :



trong đó HL - halogen (F hoặc Cl), Bi - hợp phần tương ứng của biotit.

Như đã biết, biotit gồm các hợp phần phlogopit (*Phl*)- $KMg_3AlSi_3O_{10}(OH,F)_2$, annit (*Ann*)- $KFe^{2+}_3AlSi_3O_{10}(OH,F)_2$ và siderofillit (*Sid*)- $KFe_2,5Al_{0,5}Si_{2,5}Al_{0,5}O_{10}(OH,F)_2$. Thành phần mol của *Phl*, *Ann* và *Sid* trong biotit và được tính theo công thức của J. Gunow (1980) [5] :

$$X_{Phl} = Mg/\Sigma \text{cation trong bát diện,}$$

$$X_{Sid} = (1 - X_{Phl}) \times (3 - Si/Al) / 1,75,$$

$$X_{Ann} = 1 - (X_{Phl} + X_{Sid}).$$

Các tỷ lệ áp suất riêng phần của các acid halogen với nước f_{H_2O}/f_{HF} và f_{H_2O}/f_{HCl} và f_{HF}/f_{HCl} trong các phản ứng trao đổi trên được tính bằng các công thức sau :

$$\lg(f_{H_2O}/f_{HF}) = 2100/T + 1,522 X_{Phl} + 0,416 X_{Ann} + 0,2 X_{Sid} - \lg(X_{F_{Bi}}/X_{OH_{Bi}})$$

theo Gunow J. (1980) [5]

$$\lg(f_{HCl}/f_{H_2O}) = 5,01 - 5151/T + 1,93 X_{Phl} + \lg(X_{Cl_{Bi}}/X_{OH_{Bi}})$$

và

$$\lg(f_{HF}/f_{HCl}) = 3051/T - 5,34 - 3,13 X_{Phl} + \lg(X_{F_{Bi}}/X_{Cl_{Bi}})$$

theo Munoz J.L và nnk (1984) [8]. Trong đó T - nhiệt độ, tính bằng °K, $X_{F_{Bi}}$; $X_{Cl_{Bi}}$ và $X_{OH_{Bi}}$ - hàm lượng mol của F, Cl và OH trong biotit.

Trên cơ sở các số liệu thực nghiệm về độ bền vững của biotit loạt *Phl-Ann*, D.R. Wones, H.P. Eugster, (1965) [9], đã rút ra kết luận : tỷ lệ Fe^{+3} , Fe^{+2} và độ sắt của biotit phụ thuộc chặt chẽ vào nhiệt độ thành tạo và áp suất riêng phần của oxy trong dung thể và được tính theo công thức :

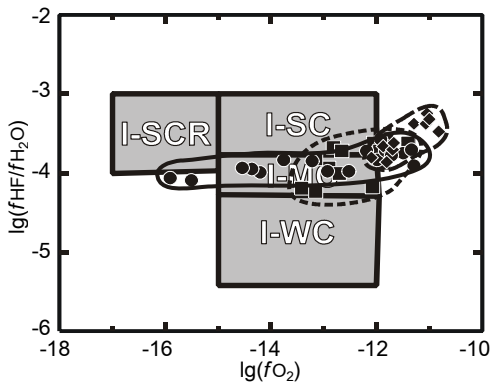
Buffer	$\lg f_{O_2} = (-A/T) + B + \{[C \times (P-1)]/T\}$		
	A	B	C
$Fe_2O_3-Fe_3O_4$	24912	14,41	0,019
$Fe_2O_4-Fe_{1-x}O$	32730	13,12	0,083
$NiO-Ni$	24709	8,94	0,046
$SiO_2-Fe_2SiO_4-Fe_3O_4$	27300	10,30	0,092

T - nhiệt độ tính bằng °K, P - áp suất tính bằng bar

Bằng các công thức nêu trên, các thông số áp suất riêng phần tương đối của các halogen với nước (f_{H_2O}/f_{HF} , f_{H_2O}/f_{HCl}) và áp suất riêng phần của oxy (f_{O_2}) cũng như tỷ lệ áp suất riêng phần của các halogen trong các khối granit đã được xác định và thể hiện trong bảng 1 và các biểu đồ. Các khối thuộc tổ hợp được thành tạo trong điều kiện áp suất riêng phần tương đối của flo với giá trị $\lg(f_{HF}/f_{H_2O})$ từ (-4,19 ÷ -3,54) ở khối Đường Hồ Chí Minh và Quế Sơn đến (-3,82 ÷ 3,21) ở khối Sa Thầy. áp suất riêng phần tương đối của clo đối với các khối Đường Hồ Chí Minh, Quế Sơn và Sa Thầy có giá trị $\lg(f_{HCl}/f_{H_2O})$ tương ứng -1,95 ÷ -1,31, -2,24 ÷ -0,77 và -1,46 ÷ -0,84.

áp suất riêng phần của oxy có các giá trị $\lg fO_2$ tương ứng $-15,90 \div -11,29$, $-13,41 \div -11,40$ và $-12,11 \div -10,82$.

Nghiên cứu biotit trong các thể batolit Sierra Nevada và Pennisular Range vùng California (USA), J.J. Ague, 1988 [3] đã chia ra các loại granit như sau : I-WC (granit kiểu I hỗn nhiễm yếu), I-MC (granit kiểu I hỗn nhiễm vừa phải), I-SC (granit kiểu I hỗn nhiễm mạnh) và I-SCR (granit kiểu I hỗn nhiễm vừa mạnh và khử tương đương với S-granit theo Chappel and White) (hình 3). Cũng theo các tác giả này, granitoid I-SC thường có tiềm năng khoáng hóa Mo porphyry, còn các granitoid I-MC - khoáng hóa Cu porphyry. Trên biểu đồ tương quan $\lg(f_{HF}/f_{H_2O}) - \lg fO_2$ trong điều kiện $T = 800^\circ C$ và $P = 3 \text{ kbar}$ (hình 3) phần lớn các điểm biểu diễn thành phần biotit của tổ hợp Bến Giằng - Quế Sơn phân bố ở vùng có môi trường oxy hóa, chủ yếu tập trung vào loại granitoid I-WC, ít hơn vào loại granitoid I-SC. Cũng trên biểu đồ này có thể thấy áp suất riêng phần tương đối của F cao nhất đối với khối Sa Thầy, và thấp nhất đối với khối Đường Hồ Chí Minh. Theo J.J. Ague, 1988, tất cả các khối đều có tiềm năng khoáng hóa Cu porphyry. Đối với khối Sa Thầy, ngoài tiềm năng khoáng hóa Cu porphyry, còn có thể có tiềm năng khoáng hóa Mo porphyry.

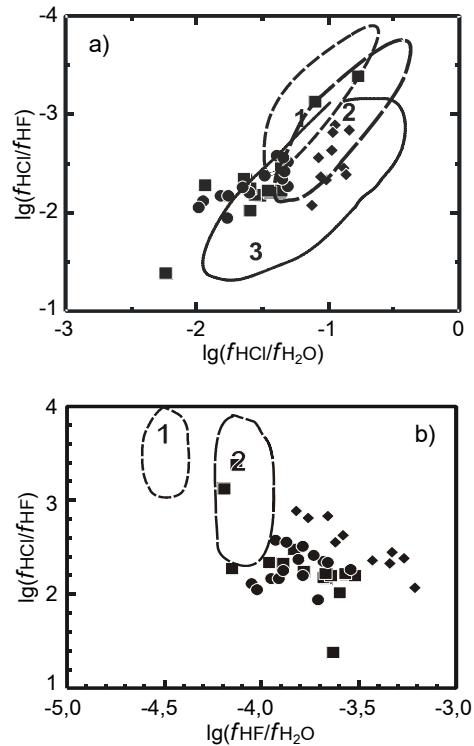


Hình 3. Thành phần biotit trong granitoid tổ hợp Bến Giằng - Quế Sơn trong tương quan $\lg(f_{HF}/f_{H_2O}) - \lg fO_2$ trong điều kiện $T = 800^\circ C$ và $P = 3 \text{ kbar}$

Ký hiệu : các trường sẫm màu : I-WC : I-granit hỗn nhiễm yếu, I-MC : I-granit hỗn nhiễm vừa phải, I-SC : I-granit hỗn nhiễm mạnh, I-SCR : I-granit hỗn nhiễm mạnh và khử, các ký hiệu khác như hình 2

Trên biểu đồ tương quan $\lg(f_{HCl}/f_{HF}) - \lg(f_{HCl}/f_{H_2O})$ (hình 4a) các điểm biểu diễn thành phần biotit của tổ hợp phân bố trong vùng các granitoid chứa quặng khoáng hóa Cu-Mo : Jirekenskoie, Agsugskoie và Sorskoie,

LB Nga [9], song có áp suất riêng phần tương đối của F lớn hơn nhiều (hình 4b).



Hình 4. Thành phần biotit trong granitoid tổ hợp Bến Giằng - Quế Sơn trong tương quan $\lg(f_{HCl}/f_{HF}) - \lg(f_{HCl}/f_{H_2O})$ (a) và $\lg(f_{HCl}/f_{HF}) - \lg(f_{HF}/f_{H_2O})$ (b) Ký hiệu : các trường granitoid chứa quặng khoáng hóa Cu-Mo : 1. Saktaminskoie, 2. Jirekenskoie và Agsugskoie, 3. Sorskoie (LB Nga) [Sotnikov], các ký hiệu khác như hình 2

IV. HÀM LƯỢNG HALOGEN TRONG BIOTIT VÀ KHẢ NĂNG KHOÁNG HÓA CỦA TỔ HỢP BẾN GIẰNG - QUẾ SƠN

Nhiều công trình cho thấy hàm lượng halogen trong khoáng vật tạo đá phụ thuộc vào thành phần và bản chất magma mẹ cũng như các giai đoạn tiến hóa địa chất, là chỉ số cho chế độ chất bốc và điều kiện hóa lý thành tạo đá cũng như đặc tính sinh quặng của chúng. Hàm lượng Cl cao nhất liên quan với hoạt động nhiệt dịch nguồn gốc magma, còn hàm lượng F liên quan với hoạt động nhiệt dịch của các chất lưu nguồn gốc khí tượng [1].

Dựa vào hàm lượng Cl và F của khoáng vật cộng sinh trong granitoid (apatit, biotit và amphibol), I.N. Bushliakov, V.V. Kholodnov, (2000), [2] đã

xác định được hành vi của các nguyên tố halogen trong quá trình tạo đá và tạo quặng trong quá trình phát triển đại động Ural, đồng thời xác lập được các kiểu thành tạo granit và hệ magma - quặng đi kèm với chúng : kiểu granit "ướt" và kiểu granit "khô". Trong kiểu granit "khô", dựa theo hàm lượng ưu thế của halogen chia ra các kiểu : Cl, F và F-Cl. Các tác giả trên cũng đã xác lập được các tiêu chí thạch - địa hóa chất bốc về khả năng sinh quặng của các xâm nhập granit đại Ural, cho phép dự báo tiềm năng sinh quặng của chúng.

Trên bảng 1 và biểu đồ tương quan F-Cl (hình 5), granitoid các khối của tổ hợp nghiên cứu giàu Cl (0-0,27 %tl) và nghèo F (< 1,5 %tl). Phần lớn biotit của các khối Đường Hồ Chí Minh và Sa Thầy nằm trong trường granit "ướt" hoặc trên ranh giới giữa granit "ướt" và "Cl-granit" [2]. Theo hàm lượng F-Cl, biotit các khối này rất gần gũi với biotit trong granit liên quan với mỏ Cu-porphyr Bắc Mỹ với khoáng hóa Au, Cu, Pb, Zn. Do đó có thể nói chúng có tiềm năng khoáng hóa Cu-porphyr. Biotit khối Quế Sơn có tính hai mặt, chúng nghèo F (< 0,6 %tl), giàu Cl, tập trung thành 2 nhóm riêng biệt phân bố tại các trường granit "ướt" và "Cl-granit". Theo hàm lượng F-Cl, các biotit thuộc nhóm granit "ướt" rất gần gũi với biotit trong granit liên quan với mỏ Cu-porphyr Bắc Mỹ, còn nhóm "Cl-granit" nằm hoàn toàn trong trường biotit của tổ hợp gabbro-granit ở Ural với khoáng

hóa skarn magnetit (hình 5). Vì vậy, ngoài khả năng khoáng hóa Cu-porphyr, có thể trông đợi các khoáng hóa skarn magnetit đối với khối Quế Sơn.

KẾT LUẬN

Dựa vào đặc điểm thành phần của biotit trong granitoid Bến Giằng - Quế Sơn và các thông số nhiệt động của chúng có thể đưa ra một số kết luận sau :

Biotit trong granitoid thuộc tổ hợp Bến Giằng - Quế Sơn thuộc loại giàu Fe, nghèo Al, thuộc loại Phlogopit-Annit. Theo thành phần của biotit trong chúng, các khối của tổ hợp được tạo thành trong chế độ nhiệt động sau : nhiệt độ 600-720 °C, áp suất địa tĩnh 2,9-3,1 kbar, áp suất riêng phần tương đối của F với giá trị $\lg(f_{HF}/f_{H_2O}) = -4,19 \div -3,21$; áp suất riêng phần tương đối của Cl có giá trị $\lg(f_{HCl}/f_{H_2O}) = -2,24 \div -0,77$ và áp suất riêng phần của oxy có giá trị $\lg f_{O_2} = -15,90 \div -10,82$. Các thông số về chất bốc cho thấy các khối của tổ hợp được thành tạo trong môi trường oxy hóa, ứng với granitoid I-WC, ít hơn vào loại granitoid I-SC [3]. Biotit trong granitoid của tổ hợp giàu Cl nghèo F, ứng với granit "ướt" và "Cl-granit", chứng tỏ chất bốc giàu H₂O và liên quan với hoạt động nhiệt dịch nguồn gốc magma. Với các thông số nêu trên, tất cả các khối Đường Hồ Chí Minh, Quế Sơn và Sa Thầy có tiềm năng khoáng hóa Cu(Mo) porphyr lớn. Đối với khối Quế Sơn, ngoài khả năng khoáng hóa Cu(Mo) porphyr có thể hy vọng gặp các khoáng hóa skarn magnetit.

Công trình được hoàn thành trong khuôn khổ đề tài Khoa học NCCB mã số 70.87.06., đề tài HTQT theo Nghị định thư Việt Nam - LB Nga (2007-2009).

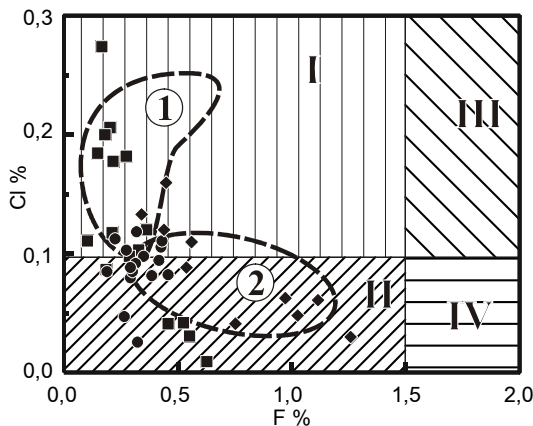
TÀI LIỆU DẪN

[1] I.N. BUSHLIAKOV, V.V. KHOLODNOV, 1986 : Các nguyên tố halogen trong thạch sinh và đặc tính sinh quặng của các granitoid. Moscow, Nauka, 191 tr. (Nga văn).

[2] I.N. BUSHLIAKOV, V.V. KHOLODNOV, 2000 : Fluorine and chlorine as indicators of granite magma productivity. //Ore-Bearing granite of Russia and Adjacent Countries. Moscow, IMGRE, 57-68.

[3] P.A. CANDELA, 1998 : Felsic Magmas, Volatiles, and Metallogenesis. //Ore deposition associated with magmas. Society of Economic Geologists. 223-233.

[4] DARRELL J. HENRY, CHARLES V. GUIDOTTI, JENNIFER A. THOMSON, 2005 : The Ti-saturation



Hình 5. Thành phần biotit trong granitoid tổ hợp Bến Giằng - Quế Sơn trong tương quan Cl-F

Các trường : I - kiểu Cl, II - kiểu "ướt", III - kiểu Cl-F và IV - kiểu F. Các kiểu địa hóa các đá xâm nhập : 1. tổ hợp gabbro-granit ở Ural với khoáng hóa skarn magnetit, 2. granit liên quan với mỏ Cu-porphyr Bắc Mỹ với khoáng hóa Au, Cu, Pb, Zn [2], các ký hiệu khác như hình 2

surface for low-to-medium pressure metapelitic biotites : Implications for geothermometry and Ti-substitution mechanisms. *American Mineralogist*, Volume 90, 316-328.

[5] A.J. GUNOW, S. LUDINGTON, J.L. MUNOZ, 1980 : Fluorine in micas from the Henderson Molipde-nite deposit, Colorado : *Econ. Geol.*, V. 75, 1127-1137.

[6] TRẦN TRỌNG HÒA (chủ biên), 2005 : Nghiên cứu điều kiện thành tạo và quy luật phân bố khoáng sản quý hiếm liên quan đến hoạt động magma khu vực Miền Trung và Tây Nguyên. Báo cáo tổng kết Đề tài độc lập cấp nhà nước Mã số DTDL-2003/07.

[7] E.P. IZOKH, V.E. DOVJIKOV, 1981 : Sơ đồ magma tổng quát của Việt Nam. Bản đồ ĐC, 50 13-32. Liên đoàn BĐĐC, Hà Nội.

[8] J.L. MUNOZ, 1984 : F-OH and Cl-OH exchange in micas with applications to hydrothermal ore deposits, in Micas Bailey, S.W. (ed), *Min. Soc. AM.*, 469-493.

[9] V.I. SOTNIKOV, A.N. BERZINA, 1993 : Chế độ Clo và Flo trong hệ magma - quặng đồng - molipden. Novosibirsk, 134tr. (Nga văn).

SUMMARY

Thermo dynamical forming conditions of the Ben Giang - Que Son granitoid association on the basis of biotite composition

Detailed investigation in biotite composition of the Ben Giang – Que Son granitoid show that they are Fe-rich and Al-poor biotite, belonged to Phl-Ann series. The rocks were formed in intervals of 600-720 °C, geostatic static pressure of 2.9 – 3.1 kbar ; relative fugacities of HF and H₂O $\lg(f_{HF}/f_{H_2O}) = -4,19 \div -3,21$; relative fugacities of HCl and H₂O $\lg(f_{HCl}/f_{H_2O}) = -2,24 \div -0,77$ and fugacity of oxygen $\lg f_{O_2} = -15,90 \div -10,82$. Majority of the association's intrusive bodies were crystallized in oxidized environment that similar to I-WC granitoid, minority of I-SC granitoid [3]. Biotites are Cl-rich, F-poor, similar to "aqueous" and "Cl-" granites, implying the fluids are enriched in H₂O and associated with magmatic hydrothermal activities. The intrusives along HCM roads, Que Son, and Sa Thay massives have high potential of Cu(Mo)-porphyry mineralization. In addition, the Que Son massive has potential in skarn magnetite mineralization.

Ngày nhận bài : 09-4-2009

Viện Địa chất (Viện KH&CN Việt Nam)