

# ĐÁNH GIÁ ĐIỀU KIỆN MAGMA GRANIT MƯỜNG LÁT: NHÌN TỪ THÀNH PHẦN BIOTIT

TRẦN QUỐC CÔNG<sup>1</sup>, PHẠM THANH THÙY<sup>2</sup>, TRẦN TUẤN ANH<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Viện Các Khoa học Trái đất - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

<sup>2</sup>Trường Đại học Khoa học tự nhiên - Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh

## Tóm tắt:

Nghiên cứu đặc điểm thành phần hóa học của khoáng vật tạo đá có tầm quan trọng đặc biệt, làm cơ sở để đánh giá điều kiện thành tạo cũng như nguồn magma ban đầu. Biotit là một trong những khoáng vật tạo đá của granit Mường Lát, vì thế nghiên cứu đã sử dụng phương pháp phân tích thành phần khoáng vật tạo đá (biotit) bằng phương pháp microzond (EPMA). Khoáng vật biotit được tách ra từ granit Mường Lát là biotit nguyên sinh và có thành phần tương ứng với kiểu biotit giàu sắt (Fe-biotit). Biotit Mường Lát có hàm lượng Al cao (3,34 - 3,66), giá trị A/CNK dao động từ 1,75 - 1,93 (trung bình là 1,84), Mg# (28,08 - 35,27) tương ứng granit kiểu S. Nhiệt độ kết tinh tính toán nằm trong khoảng từ 610°C đến 685°C chỉ ra một đặc tính đá granit "lạnh". Áp suất kết tinh ước tính từ 4,6 kbar đến 5,7 kbar tương đương với vị trí lớp vỏ giữa (14 - 17 km).

Từ khóa: Granit Mường Lát, biotit, nhiệt độ, áp suất.

Ngày nhận bài: 13/1/2025; Ngày sửa chữa: 5/2/2025; Ngày duyệt đăng: 17/2/2025.

## Assessment of conditions of the Muong Lat magma granite: From the analysis of the biotite composition

### Abstract:

Studying characteristics of the chemical composition of rock-forming minerals is of particular importance, as a basis for assessing formation conditions as well as the initial magma source. Biotite is one of the rock-forming minerals of the Muong Lat granite, therefore in this study we analyzed the composition of biotite using the electron probe microanalysis (EPMA) method. The biotite mineral extracted from the Muong Lat granite is primary biotite and has a composition corresponding to iron-rich biotite (Fe-biotite), with high aluminium contents (3.34 - 3.66), its A/CNK values range from 1.75 to 1.93 (average of 1.84), and Mg# ones are from 28.08 to 35.27 which are typical of S-type granite. Calculated crystallization temperatures ranging from 610°C to 685°C indicate a "cold" granite characteristic. Crystallization pressure is estimated from 4.6 kbar to 5.7 kbar, corresponding to a mid-crustal depth of 14 km to 17 km.

Keywords: Muong Lat granite, biotite, temperature, pressure.

JEL Classifications: O13, P48, Q57.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Tây Bắc Việt Nam là khu vực có đặc điểm địa chất phức tạp, được hình thành bởi hàng loạt các giai đoạn hoạt động kiến tạo, gồm cả sự dập vỡ và sụt lún của vỏ Trái đất dẫn tới sự lắng đọng trầm tích, các biến dạng tạo núi xảy ra trong suốt lịch sử lâu dài của Trái đất và kéo dài đến hiện tại. Các thành tạo granitoid trong vùng đã được các nhà địa chất tiến hành nghiên cứu từ những năm 60 của thế kỷ XX và những năm đầu của thế kỷ XXI. Đối với granit Mường Lát đã có nhiều công trình nghiên cứu để cập và từng phần làm sáng tỏ các đặc trưng về thạch học, địa hóa nguyên tố chính, hiếm vết, đồng vị và tuổi đồng vị (Đào.Đ. Thục và nnk, 1995; Đỗ.V.Thanh, 2015; Trần.V.Trị và Vũ.Khúc, 2009; Trần Văn Thành

và nnk 2018). Tuy nhiên, việc nghiên cứu chi tiết về khoáng vật, đặc biệt là các khoáng vật chỉ thị cho điều kiện thành tạo như áp suất, nhiệt độ, hoạt độ oxy hóa như khoáng vật biotit của các thành tạo granit này hầu như chưa được đề cập.

Biotit là khoáng vật mica phổ biến trong các đá magma (đặc biệt magma thành phần axit), biến chất và các môi trường liên quan đến quặng nhiệt dịch, do biotit khá bền vững trong các điều kiện nhiệt độ và áp suất khác nhau (Yavuz 2003a, b). Biotit có công thức hóa học phức tạp, chúng có khả năng kết hợp với nhiều nguyên tố chính và vết khác nhau, do đó chúng được xem như là khoáng vật chỉ thị quan trọng cho các quá trình tạo quặng khác nhau. Thành phần hóa học của



mica phụ thuộc chủ yếu vào thành phần chính của magma nguyên thủy (Dreher, S.T. 2002)). Vì vậy, thành phần hóa học của biotit có thể sử dụng để xác định các đặc trưng hóa lý khác nhau của magma nguyên thủy hay cách khác chính là môi trường mà nó phát triển (Zhu et al. 1992; Tischendorf et al. 2001). Do đó, đặc điểm thành phần hóa học của biotit rất hữu ích cho việc tìm hiểu quá trình tiến hóa magma, nhiệt dịch (Barrière và Cotten 1979; Van Lichtervelde và cộng sự 2008) và thạch luận các đá granit (Neiva 1981; Plá Cid et al., 2001; Machev et al., 2004; Masoudi và Jamshidi Badr 2008; Karimpour et al., 2011). Ngoài ra, hàm lượng Flo và Clo của biotit có thể được sử dụng để dự đoán hoạt độ Flo và Clo của pha chất bốc (Munoz and Swenson 1981; Munoz 1984, 1992; Coulson et al. 2001; Boumeri et al. 2006; Zhang 2016).

Trong phạm vi bài viết này, nghiên cứu tập trung giải quyết vấn đề điều kiện nhiệt động trên cơ sở các nghiên cứu chi tiết về khoáng vật biotit của các đá granit này. Việc nghiên cứu chi tiết về đặc điểm khoáng vật, thành phần hóa học của khoáng vật biotit là cơ sở khoa học góp phần: (i) phân loại các kiểu granit; (ii) sử dụng các thông số thành phần hóa học của khoáng vật để tính

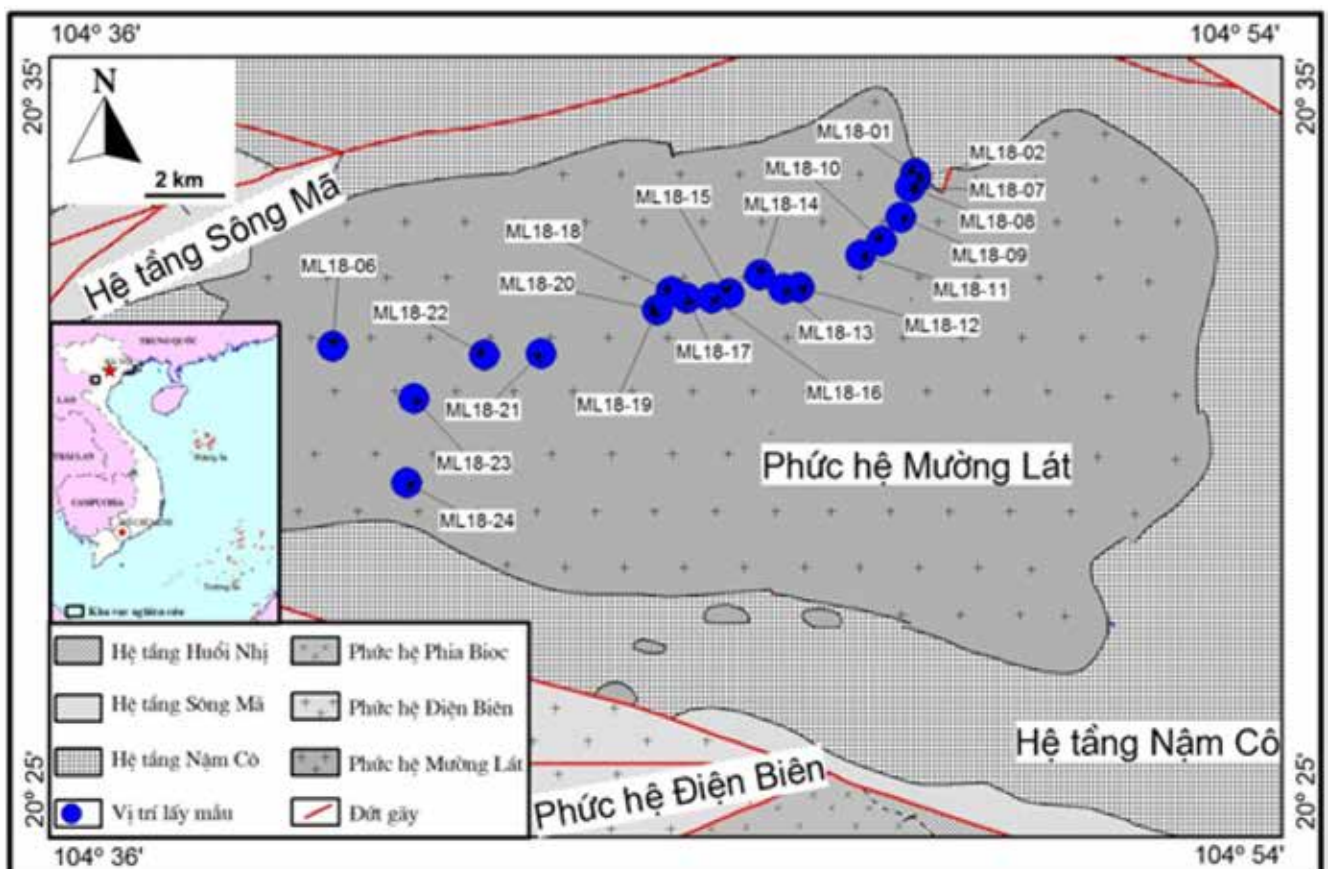
toán và góp phần làm sáng tỏ đặc điểm của granit Mường Lát.

## 2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

**2.1. Đối tượng nghiên cứu:** Biotit thuộc khối granit Mường Lát khu vực huyện Quan Hóa, tỉnh Thanh Hóa.

### 2.2. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp phân tích thành phần khoáng vật tạo đá bằng phương pháp microzond (EPMA). Thành phần hóa học của biotit trong granit Mường Lát được phân tích bằng máy vi dò (EPMA - Jeol JXA-8100) tại Viện Địa chất và Khoáng vật học Novosibirsk, phân viện Siberi (Viện Hàn lâm Khoa học Nga). Các phân tích được thực hiện ở điện thế 20 kV, chùm electron có cường độ 20 nA, thời gian đọc là 10 giây (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  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaF}_2$ ,  $\text{NaCl}$ . 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 oxy là 22 và OH được tính như sau:  $\text{OH} = 4 - (\text{F} + \text{Cl})$ . Hàm lượng Fe trong biotit được quy về  $\text{Fe}_2^+$ .



▲ Hình 1. Sơ đồ địa chất khu vực nghiên cứu và vị trí lấy mẫu

### 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

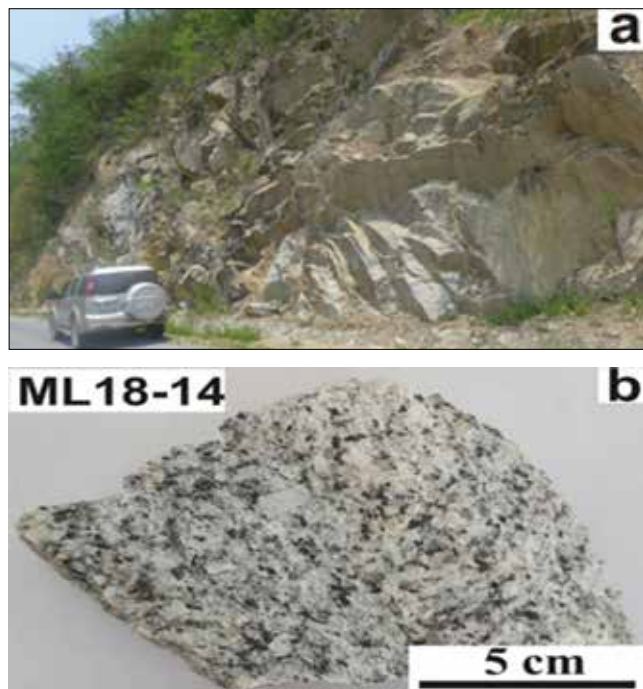
#### 3.1. Đặc điểm địa chất

Khu vực nghiên cứu nằm trong đới Tây Bắc Bộ, tiếp giáp với hệ rift Permi muộn - Mesozoi sông Đà - Tú Lệ qua đới đứt gãy Sơn La - Hà Trung, phía Tây Bắc bị đới đứt gãy trượt bằng phải Lai Châu - Điện Biên cắt chéo, phía Nam được giới hạn bởi đứt gãy sông Mã, phía Đông tiếp giáp vịnh Bắc Bộ theo (Trần. V. Trị và Vũ. Khúc, 2009).

Phức hệ Mường Lát gồm các khối khác nhau nhưng tập trung và đại diện nhất là khối Mường Lát. Khối Mường Lát phân bố dọc theo sông Mã từ địa phận xã Tam Chung đến xã Trung Sơn, huyện Quan Hóa, tỉnh Thanh Hóa. Chúng tập trung kéo dài khoảng 30 km, rộng trung bình 8-10 km với diện tích ~ 300 km<sup>2</sup> (Hình 1).

Kết quả nghiên cứu địa chất khi thành lập bản đồ địa chất và khoáng sản tỷ lệ 1:200.000 tờ Sầm Nưa (Trần Nghĩa, chủ biên, 1995) cho thấy, granitoid Mường Lát xuyên cắt và gây biến chất tiếp xúc các đá vây quanh. Tại ranh giới phía Tây, phía Bắc và phía Nam khối quan sát thấy granitoid xuyên cắt đá phiến thạch anh-mica-granat và gneis microlin dạng mắt thuộc hệ tầng Nậm Cồ (PR3-€1nc). Ngoài ra, ở phía Tây khối còn quan sát thấy granitoid xuyên qua trầm tích Paleozoi của hệ tầng sông Mã (€2sm).

Thành phần thạch học các granitoid khá đa dạng bao gồm: granit biotit, granit muscovit và granit 2 mica, granit aplit, granit pegmatit (Đỗ. V. Thanh, 2015). Kết quả phân tích tuổi đồng vị pegmatit từ khối Mường Lát cho kết quả dao động trong khoảng



▲ Ảnh 1. Mặt cắt thực địa (a) và mẫu granit hai mica nghiên cứu (b).

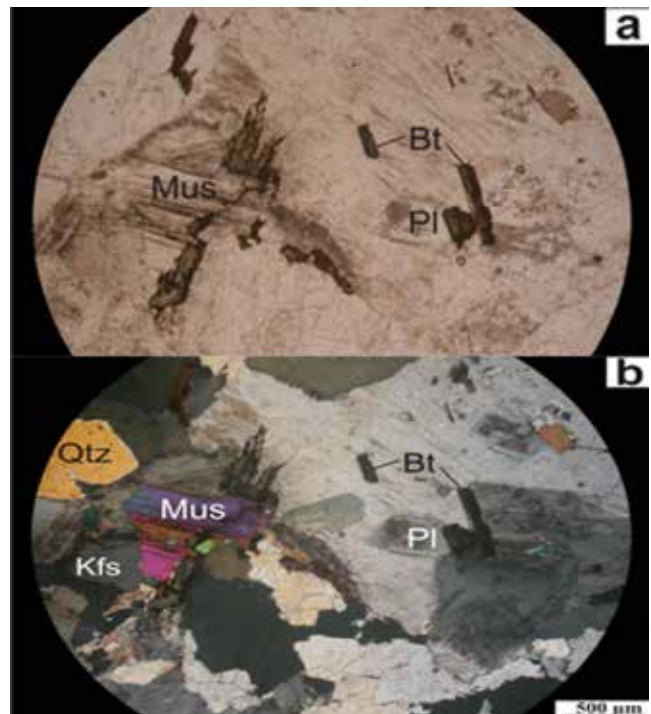
217-238 Tr.n, trung bình  $230 \pm 7$  Tr.n (U-Pb, LA-ICP-MS) (Trần Văn Thành, 2018).

Mẫu granit hai mica ML18-14 trong nghiên cứu này được lấy tại huyện Mường Lát, Thanh Hóa thuộc phức hệ Mường Lát nằm trong đới cấu trúc Tây Bắc Bộ. Mặt cắt lấy mẫu nằm cạnh đường quốc lộ (có tọa độ X= 104.7910946, Y= 20.547782) cao 12 m, dài 16 m, mẫu lấy tươi, hạt thô (Ảnh 1).

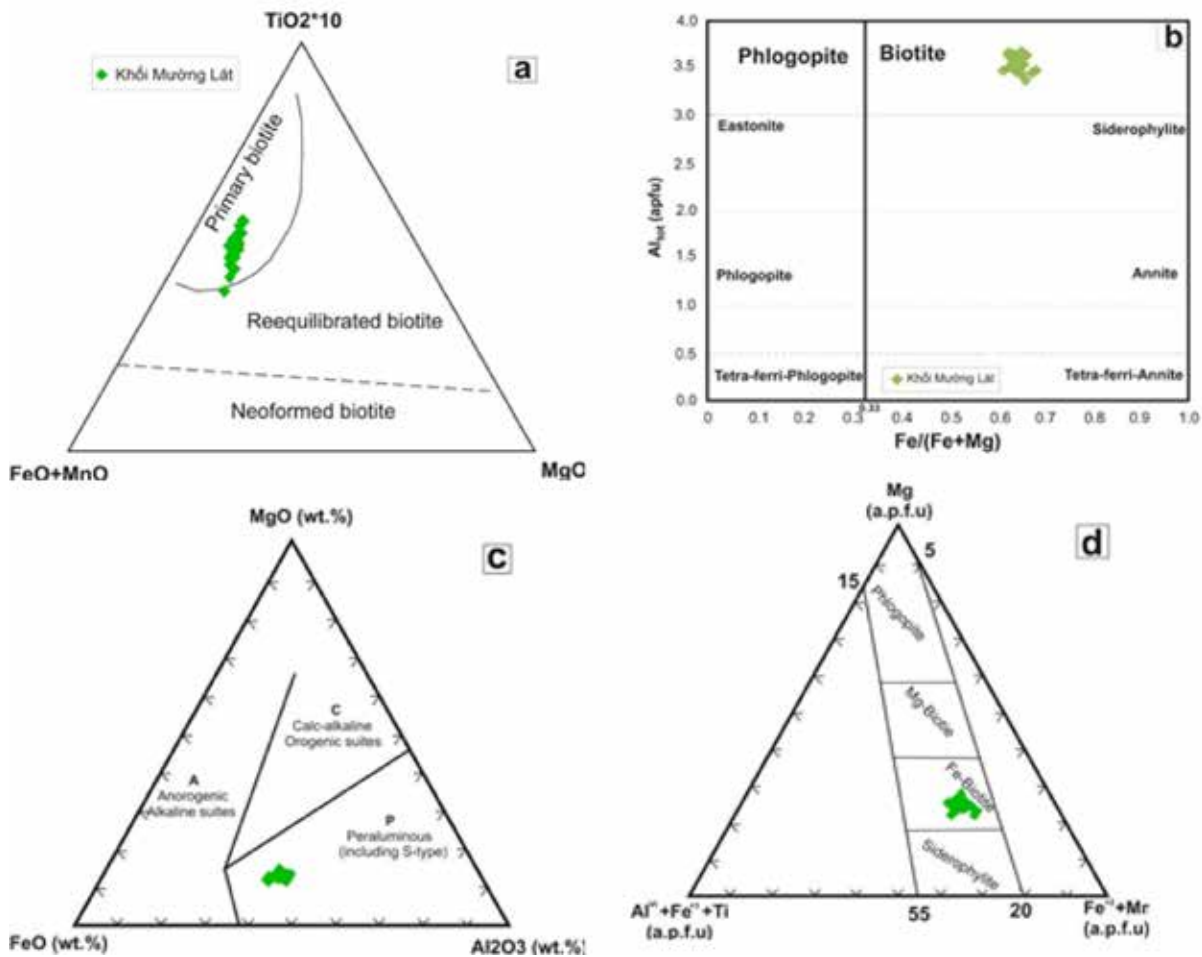
#### 3.2. Đặc điểm thạch học - khoáng vật

Granit Mường Lát là loại granit hai mica (biotit và muscovit) hạt thô sáng màu, cấu tạo khối, có kiến trúc nửa tự hình. Thành phần khoáng vật chính là plagioclas (36 - 39%), thạch anh (30 - 32%), feldspar kali (14 - 17%), biotit (5 - 7%), muscovit (3 - 5%). Biotit trong mẫu có dạng tấm, vảy kéo dài, gặm mòn, dưới 1 nicol có màu nâu đỏ, đa sắc rõ, cát khai rất hoàn toàn. Biotit thường cộng sinh plagioclas, thạch anh, feldspar kali, muscovit, ít khoáng vật quặng.

Kết quả phân tích thành phần hóa học của khoáng vật biotit Mường Lát được trình bày trong Bảng 1. Từ kết quả phân tích cho thấy, biotit thuộc granit phức hệ Mường Lát có thành phần  $SiO_2 = 33,82 - 35,62\%$  t;  $TiO_2 = 1,83 - 3,62\%$  t;  $Al_2O_3 = 17,85 - 20,11\%$  t;  $FeO = 20,35 - 24,25\%$  t;  $MnO = 0,41 - 0,61\%$  t;  $MgO = 5,19 - 6,77\%$  t;  $CaO = 0 - 0,04\%$  t;  $Na_2O = 0,03 - 0,21\%$  t;  $K_2O = 8,99 - 9,93\%$  t. Hàm lượng F thay đổi trong khoảng từ 0,77 đến 1,21% t; còn hàm lượng Cl chủ yếu dao động trong khoảng 0,0033 - 0,0226% t.



▲ Ảnh 2. Ảnh lát mỏng thạch học granit hai mica (mẫu ML18-14): A-nicol (-) và B-nicol (+) Các ký hiệu: Pl- Plagioclas, Kfs- Feldspar kali, Qtz- Thạch anh, Mus- Muscovit, Bt- Biotit.



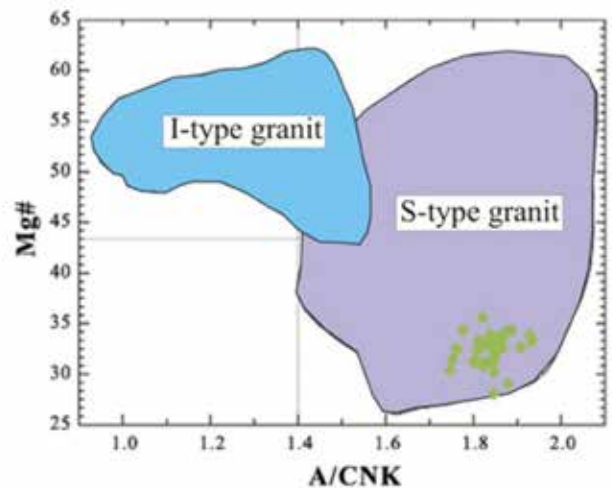
▲ Hình 2. Thành phần hóa học biotit của granit phức hệ Mường Lát a) Biểu đồ  $TiO_2 + FeO - MnO - MgO$  theo Nachit et al. (2005); b) Biểu đồ  $Fe/(Fe+Mg) - Al$  theo Rieder et al. (1998); c) Biểu đồ  $MgO - FeO - Al_2O_3$  theo Abdel-Rahman (1994). d) Biểu đồ theo Foster (1960).

**3.3. Phân loại biotit và kiểu granit đặc trưng**

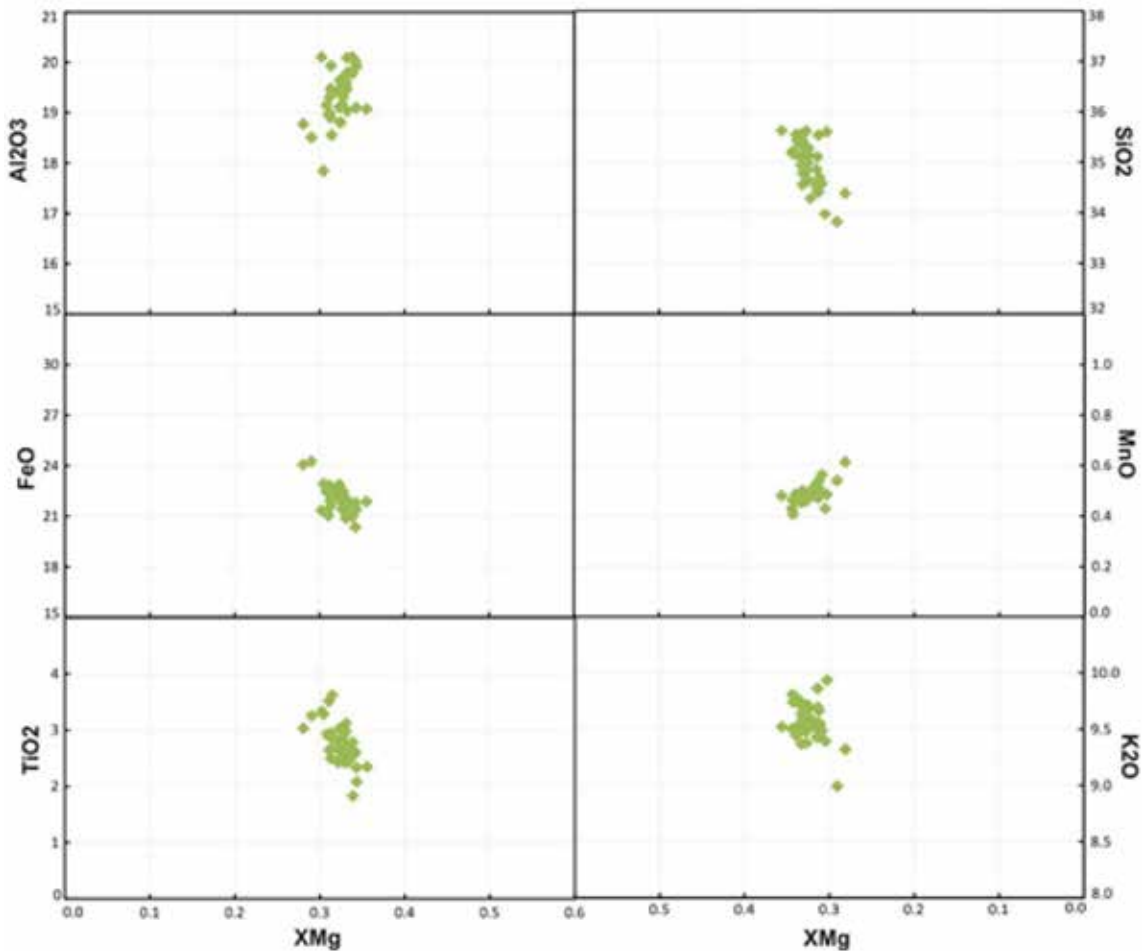
Nghiên cứu đặc điểm thành phần hóa học của biotit trong granit thuộc khối Mường Lát có thể giúp nhận định về đặc trưng của các đá thuộc khu vực nghiên cứu. Bước đầu nghiên cứu cho thấy, biotit Mường Lát có hàm lượng titan cao ( $TiO_2 = 1,83 - 3,62\%$  tl); cao nhôm ( $Al_2O_3 = 17,85 - 20,11\%$  tl), thấp magesi ( $MgO = 5,19 - 6,77\%$  tl) được xếp vào loại granit có liên quan đến magma có thành phần bão hòa nhôm (Hình 2c) theo Abdel-Rahman (1994). Hàm lượng kiềm dao động trong khoảng  $K_2O = 8,99 - 9,93\%$  tl. Dựa vào biểu đồ phân loại biotit (Hình 2d) ta thấy các mẫu nghiên cứu thuộc loại Fe- biotit theo Foster (1960).

Hàm lượng Ti trong biotit liên quan với điều kiện nhiệt độ. Khoáng vật biotit nguồn magma có nhiệt độ cao hơn so với các hạt biotit tái kết tinh hoặc biotit thứ sinh. Nachit et al. (2005) đã đề xuất biểu đồ 3 cấu tử  $10 * TiO_2 - (FeOT + MnO) - MgO$  nhằm phân biệt biotit nguyên sinh với các loại biotit được hình thành do quá trình tái kết tinh hoặc biotit thứ sinh. Các hạt biotit nghiên cứu chủ yếu thuộc loại biotit nguyên

sinh (Hình 2a) với hàm lượng  $TiO_2$  dao động trong khoảng 1,83 - 3,62% tl. Theo Liu et al., (2010), biotit nguồn magma có cation  $Ti < 0,55$ . Theo tính toán trong bảng 1, các hạt biotit đều có  $Ti < 0,55$ .



▲ Hình 3. Biểu đồ tương quan  $A/CNK - Mg\#$  thể hiện biến loại đá granit xét cho granit Mường Lát (theo Gao et al, 2016)



▲ Hình 4. Biểu đồ tương quan giữa XMg và nguyên tố chính của biotit trong granit Mường Lát

Xem xét tương quan giữa giá trị XMg và hàm lượng các nguyên tố chính trong thành phần của biotit (Hình 4) cũng cho thấy, trong thành phần hóa học của biotit hàm lượng titan, sắt, silic tương quan nghịch với XMg; hàm lượng nhôm, kẽm, mangan tương quan thuận với XMg, hàm lượng của chúng tăng theo chiều tăng hàm lượng magnesi.

Như ở trên đã trình bày, về khoáng vật trong thành phần đá có mặt các khoáng vật cao nhôm như muscovit (dấu hiệu mang đặc điểm granit kiểu S). Điều này còn được minh chứng bởi các giá trị của biotit trong granit Mường Lát như hàm lượng Al cao (3,34 - 3,66), giá trị A/CNK dao động từ 1,75 - 1,93 (trung bình là 1,84), Mg# (28,08 - 35,27; trung bình 32,36) tương ứng với trường thành phần biotit của granit kiểu S (Hình 3). Như vậy, granit Mường Lát thuộc kiểu S granit được xếp vào loại granit có liên quan đến magma có thành phần bão hòa nhôm.

### 3.4. Tính toán nhiệt độ và áp suất thành tạo dựa trên cơ sở thành phần khoáng vật biotit

Để bàn luận và xác định về điều kiện nhiệt động thành tạo của granitoid cần thiết phải đề cập đến các thông số quan trọng về nhiệt độ (T), áp suất (P), độ

sâu thành tạo, chế độ oxy trong bối cảnh thành tạo đó; ngoài ra còn các thông số về chế độ chất bốc (áp suất riêng phần của H<sub>2</sub>O, F, Cl) được tính toán từ hàm lượng các halogen đã phân tích.

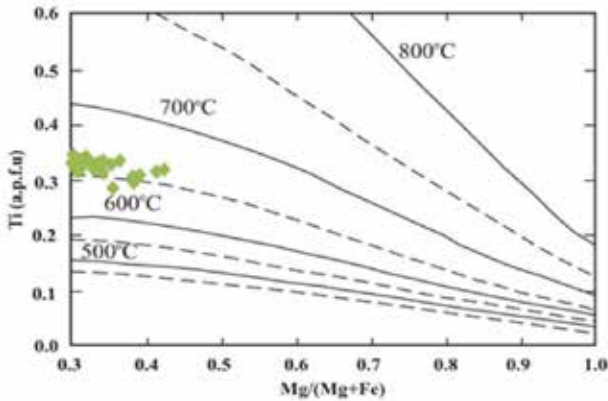
Để xác định nhiệt độ thành tạo của các đá magma, biến chất có thể sử dụng nhiều phương pháp khác nhau: theo sự nóng chảy của bao thể, xây dựng đồ thị và xác định giao điểm của các đường cong đó; hoặc sử dụng các địa nhiệt kế dựa vào thành phần của các cặp khoáng vật tạo đá trong granitoid... Các kiểu địa nhiệt này đòi hỏi phải có thành phần hóa học của các cặp khoáng vật trong đá như sau Amf-Bi, Amf-Cpx, Bi-Gr... Tuy nhiên không phải bất cứ loại đá nào cũng có những cặp khoáng vật cộng sinh như trên. Chính vì thế mà Herry và nnk, (2005) dựa trên cơ sở các kết quả thực nghiệm đã đưa ra kiểu địa nhiệt kế dựa vào thành phần hóa học của biotit:

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

Trong đó: T tính bằng độ C, Ti - số nguyên tử titan trong công thức khoáng vật chuẩn hóa với 22 nguyên tử oxy; XMg = Mg/(Mg+Fe); a = -2.3594; b = 4.6482x10<sup>-9</sup> 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).



Từ công thức trên, tính được  $T = 570 - 690^{\circ}\text{C}$ . Về nhiệt độ thành tạo của biotit trong granit thuộc phức hệ đều cho trường nhiệt rơi vào khoảng  $610 - 685^{\circ}\text{C}$  (Hình 5).



▲ Hình 5. Nhiệt độ thành tạo biotit thuộc granit phức hệ Mường Lát trên biểu đồ tương quan giữa  $\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe})$ -Ti (Herry và nnk, 2005).

Một cách tính nhiệt độ tính khác theo kết tinh của biotit trong đá granit (theo Luhr và nnk, 1984):

$$TK = \frac{838}{1.0337 - \frac{\text{Ti}}{\text{Fe}^2}}$$

Trong đó: T tính bằng độ C, Ti, Fe<sup>2+</sup> - số nguyên tử titan trong công thức khoáng vật chuẩn hóa với 22 nguyên tử oxy.

Từ công thức trên tính được nhiệt độ thành tạo dao động trong khoảng từ  $602 - 675^{\circ}\text{C}$ . Giá trị này khá tương đồng với phương pháp tính toán nhiệt độ nêu trên. Đây là nhiệt độ thành tạo của biotit trong granit và thường thấp hơn nhiệt độ bắt đầu đông nguội khối magma. Vì biotit thường kết tinh ở giai đoạn cuối của quá trình đông nguội magma nên có thể coi nhiệt độ thành tạo biotit trong granit phản ánh điều kiện nhiệt độ đóng của hệ magma. Theo Miller và nnk (2003), các đá silicic thành tạo ở nhiệt độ dưới  $800^{\circ}\text{C}$  thuộc kiểu granit “lạnh”.

Theo Uchida và nnk (2007) đã chứng minh tổng hàm lượng Al trong amphibol và tổng hàm lượng Al trong biotit tăng cùng với áp suất tăng, hay nói cách khác, áp suất kết tinh của granitoid có thể bị hạn chế bởi tổng nồng độ Al trong biotit. Do đó, Al trong biotit có thể được sử dụng thay cho Al trong hornblen để ước tính địa khí áp khi thích hợp. Phương trình dưới đây dùng để tính áp suất kết tinh của biotit trong đá granit chứa tổ hợp khoáng vật plagioclas + biotit + muscovit + hornblend + feldspar kali:

$$P \text{ (kbar)} = 3.33\text{AlT} - 6.53 (\pm 0.33)$$

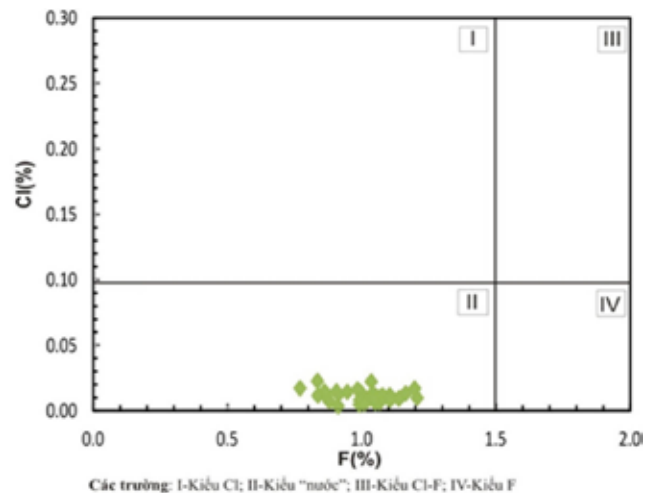
Kết quả tính toán thu được áp suất thành tạo của khối Mường Lát biến thiên từ 4,6 kbar đến 5,7 kbar tương ứng với độ sâu thành tạo từ 14 đến 17 km (vỏ giữa).

### 3.5. Điều kiện chất bốc thể hiện trong thành phần khoáng vật biotit

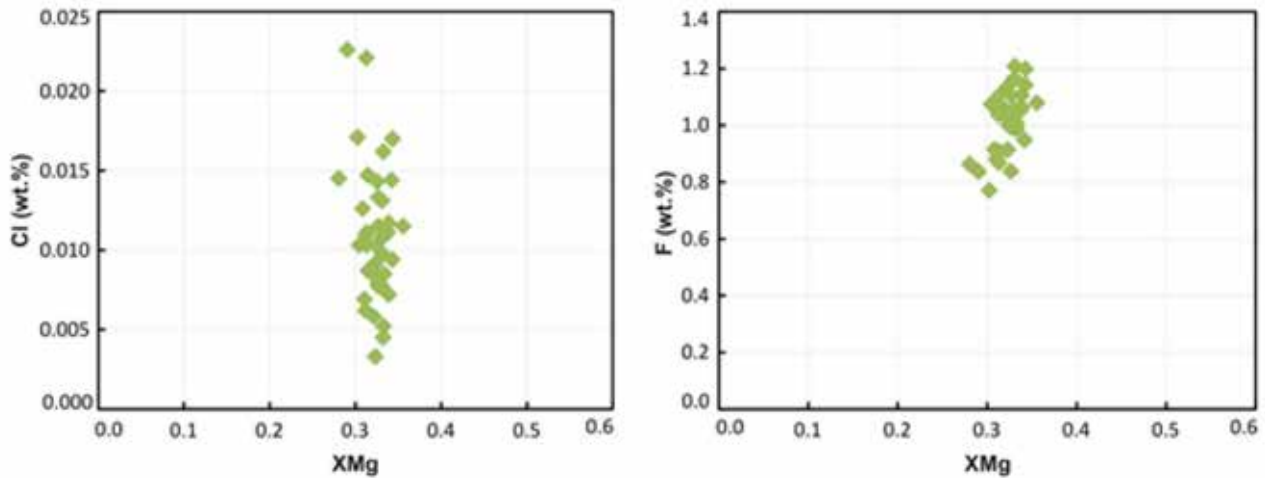
Kết quả nghiên cứu của một số tác giả (Munoz và Ludeton, 1974; Munoz và Swenson, 1981; Lentz 1992; Selby and Nesbitt 1998) cho thấy, hàm lượng halogen trong khoáng vật tạo đá phụ thuộc vào thành phần và bản chất magma mẹ cũng như các giai đoạn tiến hóa địa chất, là chỉ số cho chế độ chất bốc và điều kiện hóa lý thành tạo đá cũng như đặc tính sinh quặng của chúng. Những nghiên cứu của Bushliakov and Kholodnov năm 1986 đã chỉ ra hàm lượng cao nhất của Cl liên quan với hoạt động nhiệt dịch nguồn gốc magma, trong khi đó hàm lượng của F lại liên quan với hoạt động nhiệt dịch của các chất lưu nguồn gốc khí tương.

Phần lớn (70-90%) hàm lượng F của các đá granit không chứa muscovit và fluorit được chứa trong biotit (Grabetzke et al.1979), phần còn lại nằm trong apatit và titanit. Giá trị XMg của biotit có ảnh hưởng đáng kể đến sự phân vùng của F (Munoz và Ludeton, 1974) và Cl (Munoz và Swenson, 1981). Mức độ thay thế halogen của hydroxyl trong biotit được điều chỉnh bởi tỷ lệ Mg/Fe của nó. Các biotit có tỷ lệ Mg/Fe cao có xu hướng kết hợp với nhiều F hơn, các biotit có Mg/Fe thấp thì chứa nhiều Cl hơn (Munoz, 1984). Vì vậy, xây dựng biểu đồ tương quan giữa giá trị XMg và hàm lượng (%) của F và Cl trong biotit để xem xét sự ảnh hưởng này.

Trên Bảng 1 và biểu đồ tương quan F-Cl (Hình 6), biotit thuộc phức hệ nghiên cứu nghèo Cl (0,003 - 0,023%) và nghèo F (<1,5%). Phần lớn biotit của khối chủ yếu nằm trong trường granit “ướt”. Xem xét mối tương quan cho thấy, giá trị XMg có mối tương quan nghịch với hàm lượng Cl và tương quan thuận với hàm lượng F (Hình 7). Hàm lượng Cl giảm theo độ tăng của hàm lượng Mg và hàm lượng F tăng theo độ tăng của giá trị Mg trong khoáng vật biotit trong các biến loại đá.



▲ Hình 6. Biểu đồ tương quan giữa hàm lượng (%) của F và Cl trong biotit Mường Lát (theo Bushlyakov and Kholodnov, 2000)



▲ Hình 7. Biểu đồ tương quan giữa XMg và hàm lượng (%) của F và Cl trong biotit

#### 4. KẾT LUẬN

Biotit khối Mường Lát chủ yếu là biotit nguyên sinh thuộc loại biotit giàu sắt (Fe-biotit). Biotit trong granit Mường Lát có hàm lượng Al cao (3,34 - 3,66), giá trị A/CNK dao động từ 1,75 - 1,93 (trung bình là 1,84), Mg# (28,08 - 35,27) thuộc trường bão hòa nhôm tương ứng với trường thành phần biotit của granit kiểu S. Đây là kiểu granit "lạnh", có quá trình kết tinh giai đoạn cuối từ 685°C đến 610°C, được hình thành trong lớp vỏ giữa ở độ sâu khoảng (14 - 17 km) với áp suất kết tinh trong khoảng 4,6 kbar đến 5,7 kbar. Đây là nghiên cứu đầu tiên khá đầy đủ về biotit trong granit Mường Lát, nhưng các

mẫu mới được triển khai theo một mặt cắt. Để có đánh giá chắc chắn về điều kiện thành tạo magma granit Mường Lát cần có thêm các nghiên cứu bổ sung, thu thập các mẫu theo một số mặt cắt khác. Việc nghiên cứu chi tiết về đặc điểm khoáng vật, thành phần hóa học của khoáng vật biotit là cơ sở khoa học để phân loại các kiểu granit; sử dụng các thông số thành phần hóa học của khoáng vật để tính toán và góp phần làm sáng tỏ đặc điểm của granit Mường Lát■

#### Lời cảm ơn:

Bài báo được hoàn thành với sự hỗ trợ của đề tài mã số: ĐTDLCN.15/23

**Bảng 1: Thành phần hóa học (tl, %) của biotit trong khối Mường Lát**

KHM	ML18-14							
Điểm	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO <sub>2</sub>	34.42	34.40	33.98	34.28	35.10	34.55	34.83	35.37
TiO <sub>2</sub>	2.63	2.50	3.28	2.43	2.95	3.12	2.63	2.70
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.99	18.91	17.85	19.42	19.48	19.61	19.58	19.47
FeO	22.84	21.89	22.92	22.19	22.44	20.87	22.47	21.49
MnO	0.47	0.48	0.43	0.50	0.47	0.50	0.47	0.48
MgO	5.80	5.59	5.63	5.90	5.74	5.79	6.11	6.00
CaO	0.01	0.04	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
Na <sub>2</sub> O	0.12	0.16	0.03	0.07	0.06	0.13	0.07	0.09
K <sub>2</sub> O	9.55	9.43	9.39	9.59	9.69	9.57	9.38	9.71
Cl	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
F	1.07	1.04	1.07	1.05	1.07	1.21	1.04	0.99
Total	95.91	94.60	94.63	95.45	97.04	95.37	96.63	96.31
A/CNK	1.80	1.80	1.75	1.85	1.84	1.86	1.91	1.83
Mg #	31.18	31.29	30.45	32.16	31.33	33.11	32.66	33.22
<b>Tính theo 22 đơn vị oxy</b>								
Si	5.38	5.43	5.40	5.37	5.40	5.38	5.37	5.45
Al(IV)	2.62	2.57	2.60	2.63	2.60	2.62	2.63	2.55
Al(VI)	0.88	0.95	0.74	0.95	0.93	0.98	0.93	0.98
Ti	0.31	0.30	0.39	0.29	0.34	0.37	0.31	0.31
Fe	2.99	2.89	3.05	2.91	2.89	2.72	2.90	2.77



Mn	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06	0.07	0.06	0.06
Mg	1.35	1.32	1.33	1.38	1.32	1.35	1.41	1.38
Ca	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.04	0.05	0.01	0.02	0.02	0.04	0.02	0.03
K	1.90	1.90	1.90	1.92	1.90	1.90	1.85	1.91
Cl	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
F	0.53	0.52	0.54	0.52	0.52	0.59	0.51	0.48
OH	3.47	3.48	3.46	3.48	3.48	3.40	3.49	3.52
Al total	3.50	3.52	3.34	3.58	3.53	3.60	3.56	3.53
X(Mg)	0.31	0.31	0.30	0.32	0.31	0.33	0.33	0.33
X(Fe)	0.69	0.69	0.70	0.68	0.69	0.67	0.67	0.67
T (°C)	628	627	653	623	642	659	630	637
P (kbar)	5.1	5.2	4.6	5.4	5.2	5.5	5.3	5.2

KHM	ML18-14							
Điểm	9	10	11	12	13	14	15	16
SiO <sub>2</sub>	35.55	35.60	34.61	35.17	34.99	35.14	34.58	35.53
TiO <sub>2</sub>	2.78	3.33	2.87	2.82	2.60	1.83	2.92	2.66
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20.10	20.11	19.16	18.81	19.45	19.77	19.15	19.31
FeO	20.97	21.34	22.30	22.14	22.36	21.71	22.46	22.32
MnO	0.46	0.49	0.46	0.47	0.48	0.49	0.56	0.54
MgO	6.02	5.19	6.08	5.99	6.02	6.24	5.62	5.68
CaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01
Na <sub>2</sub> O	0.12	0.09	0.08	0.10	0.10	0.11	0.15	0.09
K <sub>2</sub> O	9.44	9.93	9.48	9.71	9.54	9.78	9.49	9.66
Cl	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
F	1.11	0.77	0.99	1.00	1.00	1.06	0.91	1.08
Total	96.60	96.87	96.04	96.25	96.56	96.15	95.86	96.98
A/CNK	1.93	1.85	1.84	1.76	1.85	1.84	1.82	1.82
Mg #	33.87	30.24	32.69	32.52	32.43	33.90	30.83	31.22

Tính theo 22 đơn vị oxy								
Si	5.44	5.43	5.38	5.45	5.40	5.44	5.39	5.46
Al(IV)	2.56	2.57	2.62	2.55	2.60	2.56	2.61	2.54
Al(VI)	1.06	1.05	0.88	0.88	0.94	1.04	0.90	0.96
Ti	0.32	0.38	0.33	0.33	0.30	0.21	0.34	0.31
Fe	2.68	2.72	2.90	2.87	2.89	2.81	2.93	2.87
Mn	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07
Mg	1.37	1.18	1.41	1.38	1.38	1.44	1.30	1.30
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.05	0.03
K	1.84	1.93	1.88	1.92	1.88	1.93	1.89	1.90
Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
F	0.53	0.37	0.49	0.49	0.49	0.52	0.45	0.52
OH	3.46	3.62	3.51	3.51	3.51	3.48	3.55	3.47
Al total	3.62	3.62	3.51	3.43	3.54	3.61	3.52	3.50
X(Mg)	0.34	0.30	0.33	0.33	0.32	0.34	0.31	0.31
X(Fe)	0.66	0.70	0.67	0.67	0.68	0.66	0.69	0.69
T (°C)	643	665	640	639	629	602	641	631
P (kbar)	5.5	5.5	5.2	4.9	5.3	5.5	5.2	5.1

KHM	ML18-14							
Điểm	17	18	19	20	21	22	23	24

SiO <sub>2</sub>	33.82	35.61	35.62	35.18	35.42	35.20	34.78	35.55
TiO <sub>2</sub>	3.25	2.62	2.34	2.08	2.52	2.33	2.56	2.43
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.51	19.68	19.07	19.92	19.80	19.10	19.48	20.09
FeO	24.25	22.27	21.86	21.38	21.18	21.79	21.68	21.07
MnO	0.54	0.47	0.48	0.43	0.47	0.46	0.46	0.46
MgO	5.57	6.06	6.77	6.27	6.06	6.38	6.02	5.89
CaO	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.03
Na <sub>2</sub> O	0.07	0.16	0.11	0.17	0.20	0.09	0.11	0.14
K <sub>2</sub> O	8.99	9.51	9.52	9.50	9.52	9.81	9.72	9.37
Cl	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02
F	0.84	1.11	1.08	1.20	1.05	1.14	1.05	0.98
Total	95.95	97.51	96.90	96.17	96.35	96.33	95.90	96.29
A/CNK	1.88	1.87	1.82	1.89	1.86	1.77	1.82	1.93
Mg #	29.06	32.67	35.57	34.34	33.79	34.30	33.12	33.26
<b>Tính theo 22 đơn vị oxy</b>								
Si	5.31	5.43	5.46	5.43	5.45	5.45	5.40	5.46
Al(IV)	2.69	2.57	2.54	2.57	2.55	2.55	2.60	2.54
Al(VI)	0.73	0.97	0.91	1.05	1.03	0.93	0.97	1.10
Ti	0.38	0.30	0.27	0.24	0.29	0.27	0.30	0.28
Fe	3.18	2.84	2.80	2.76	2.72	2.82	2.82	2.71
Mn	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
Mg	1.30	1.38	1.55	1.44	1.39	1.47	1.39	1.35
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Na	0.02	0.05	0.03	0.05	0.06	0.03	0.03	0.04
K	1.80	1.85	1.86	1.87	1.87	1.94	1.93	1.84
Cl	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
F	0.42	0.53	0.52	0.58	0.51	0.56	0.52	0.48
OH	3.58	3.46	3.47	3.41	3.49	3.44	3.48	3.52
Al total	3.42	3.54	3.45	3.62	3.59	3.48	3.56	3.63
X(Mg)	0.29	0.33	0.36	0.34	0.34	0.34	0.33	0.33
X(Fe)	0.71	0.67	0.64	0.66	0.66	0.66	0.67	0.67
T (°C)	645	630	621	613	631	621	630	628
P (kbar)	4.9	5.3	4.9	5.5	5.4	5.1	5.3	5.6
<b>KHM</b>	<b>ML18-14</b>							
Điểm	25	26	27	28	29	30	31	32
SiO <sub>2</sub>	34.64	35.34	35.18	34.50	34.70	35.43	35.04	35.22
TiO <sub>2</sub>	3.03	2.68	2.52	3.62	3.51	2.98	2.95	2.60
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.81	19.80	19.48	18.56	18.97	19.53	19.73	20.01
FeO	22.57	21.57	21.40	22.03	21.05	21.78	21.66	20.35
MnO	0.48	0.49	0.47	0.53	0.50	0.48	0.50	0.41
MgO	6.06	6.05	5.83	5.67	5.32	6.04	5.98	5.94
CaO	0.02	0.02	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
Na <sub>2</sub> O	0.11	0.21	0.12	0.18	0.06	0.10	0.09	0.07
K <sub>2</sub> O	9.69	9.48	9.61	9.51	9.54	9.60	9.70	9.74
Cl	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
F	1.02	0.99	0.84	0.91	0.88	1.16	1.00	0.95
Total	96.47	96.66	95.54	95.62	94.57	97.14	96.65	95.30
A/CNK	1.76	1.86	1.84	1.75	1.82	1.85	1.85	1.88
Mg #	32.37	33.33	32.69	31.44	31.06	33.09	32.98	34.21
<b>Tính theo 22 đơn vị oxy</b>								
Si	5.38	5.42	5.46	5.39	5.44	5.42	5.39	5.45
Al(IV)	2.62	2.58	2.54	2.61	2.56	2.58	2.61	2.55
Al(VI)	0.82	1.00	1.02	0.81	0.95	0.95	0.96	1.10



Ti	0.35	0.31	0.29	0.42	0.41	0.34	0.34	0.30
Fe	2.93	2.77	2.78	2.88	2.76	2.79	2.78	2.63
Mn	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.06	0.06	0.05
Mg	1.40	1.38	1.35	1.32	1.24	1.38	1.37	1.37
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.03	0.06	0.03	0.05	0.02	0.03	0.03	0.02
K	1.92	1.86	1.90	1.89	1.91	1.87	1.90	1.92
Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
F	0.50	0.48	0.41	0.45	0.44	0.56	0.48	0.46
OH	3.50	3.52	3.59	3.55	3.56	3.43	3.51	3.53
Al total	3.44	3.58	3.56	3.41	3.50	3.52	3.57	3.65
X(Mg)	0.32	0.33	0.33	0.31	0.31	0.33	0.33	0.34
X(Fe)	0.68	0.67	0.67	0.69	0.69	0.67	0.67	0.66
T (°C)	645	636	630	673	675	647	647	639
P (kbar)	4.9	5.4	5.3	4.8	5.1	5.2	5.4	5.6

KHM	ML18-14							
Điểm	33	34	35	36	37	38	39	
SiO <sub>2</sub>	35.27	35.16	34.94	34.85	35.14	34.56	34.38	
TiO <sub>2</sub>	2.85	2.43	2.70	2.85	2.73	2.49	3.03	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19.64	19.31	19.03	19.43	19.11	19.93	18.77	
FeO	21.94	22.48	21.98	22.62	22.89	21.58	24.05	
MnO	0.47	0.48	0.46	0.50	0.48	0.53	0.61	
MgO	5.90	6.15	6.15	5.82	6.13	5.53	5.27	
CaO	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.04	
Na <sub>2</sub> O	0.18	0.10	0.05	0.19	0.16	0.08	0.03	
K <sub>2</sub> O	9.56	9.68	9.64	9.43	9.53	9.86	9.32	
Cl	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	
F	1.14	1.05	1.01	1.11	0.91	0.87	0.86	
Total	96.98	96.85	95.99	96.84	97.11	95.45	96.40	
A/CNK	1.85	1.81	1.81	1.85	1.81	1.85	1.84	
Mg #	32.39	32.78	33.27	31.45	32.33	31.34	28.08	
Tính theo 22 đơn vị oxy								
Si	5.41	5.42	5.42	5.38	5.40	5.38	5.36	
Al(IV)	2.59	2.58	2.58	2.62	2.60	2.62	2.64	
Al(VI)	0.96	0.92	0.91	0.91	0.86	1.04	0.82	
Ti	0.33	0.28	0.32	0.33	0.32	0.29	0.36	
Fe	2.82	2.90	2.85	2.92	2.94	2.81	3.14	
Mn	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06	0.07	0.08	
Mg	1.35	1.41	1.42	1.34	1.41	1.28	1.22	
Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	
Na	0.05	0.03	0.02	0.06	0.05	0.02	0.01	
K	1.87	1.90	1.91	1.86	1.87	1.96	1.85	
Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
F	0.55	0.51	0.50	0.54	0.44	0.43	0.43	
OH	3.45	3.49	3.50	3.46	3.56	3.57	3.57	
Al total	3.55	3.51	3.48	3.53	3.46	3.66	3.45	
X(Mg)	0.32	0.33	0.33	0.31	0.32	0.31	0.28	
X(Fe)	0.68	0.67	0.67	0.69	0.68	0.69	0.72	
T (°C)	641	622	635	637	632	628	637	
P (kbar)	5.3	5.1	5.1	5.2	5.0	5.7	5.0	



## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Abdel-Rahman, A. F. M. 1994. Nature of biotites from alkaline, calc-alkaline, and peraluminous magmas. *Journal of petrology*, 35(2), 525-541.
2. Boumeri, M., Mizuta, T., Ishiyama, D., & Nakashima, K. 2006. Fluorine and chlorine in biotite from the Sarnwosar granitic rocks, Northeastern Iran.
3. Bushliakov and Kholodnov. 1986. Halogens in petrogenesis of granitoids. Moscow: Nedra, 192.
4. Bushliakov and Kholodnov. 2000. Fluorine and chlorine as indicators of granite magma productivity. //ore-bearing granite of russia and adjacent countries. moscow, imgre, 57-68.
5. Coulson, I. M., Dipple, G. M., & Raudsepp, M. 2001. Evolution of HF and HCl activity in magmatic volatiles of the gold-mineralized Emerald Lake pluton, Yukon Territory, Canada. *Mineralium Deposita*, 36(6), 594-606.
6. Dreher, S. T. 2002. The physical volcanology and petrology of the 3400 yBP caldera-forming eruption of Aniakchak volcano, Alaska. University of Alaska Fairbanks
7. Đào Đình Thục, Huỳnh Trung. 1995. Địa chất Việt Nam, tập II- Các thành tạo magma. Cục Địa chất Việt Nam, Hà Nội. 360
8. Đỗ Văn Thanh (chủ biên). 2015. Địa chất và khoáng sản nhóm từ Mộc Châu tỷ lệ 1: 50.000. Trung tâm Thông tin - Lưu trữ Địa chất, Tổng cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam.
9. Foster M. D., 1960 "Interpretation of the composition of trioctahedral micas", *Geol. Surv. Prof. Paper.* 354-B 49.
10. Gao, P., Zhao, Z. F., & Zheng, Y. F. 2016. Magma mixing in granite petrogenesis: Insights from biotite inclusions in quartz and feldspar of Mesozoic granites from South China. *Journal of Asian Earth Sciences*, 123, 142-161.
11. Grabezhev, A. I., & AI, G. 1979. Behavior of fluorine during crystallization of granites (in connection with validation of the criteria of granite specialization).
12. Henry, D. J., Guidotti, C. V., & Thomson, J. A. 2005. The Ti-saturation surface for low-to-medium pressure metapelitic biotites: Implications for geothermometry and Ti-substitution mechanisms. *American Mineralogist*, 90(2-3), 316-328.
13. Humphreys, M. C. S., Edmonds, M., Christopher, T., & Hards, V. 2009. Chlorine variations in the magma of Soufrière Hills Volcano, Montserrat: Insights from Cl in hornblende and melt inclusions. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 73(19), 5693-5708.
14. Liu, B., Ma, C. Q., Liu, Y. Y., & Xiong, F. H. 2010. Mineral chemistry of biotites from the Tongshankou Cu-Mo deposit: Implications for petrogenesis and mineralization. *Acta Petrologica et Mineralogica*, 29(2), 151-165.
15. Miller C.F., McDowell S.M., Mapes R.W., 2003. Hot and cold granites? Implications of zircon saturation temperatures and preservation of inheritance. *Geology*, 31(6), 529-532.
16. Munoz, J. L. 1974. Fluoride-hydroxyl exchange in biotite. *Amer. J. Sci.*, 274, 396-413.
17. Munoz, J. L., & Swenson, A. 1981. Chloride-hydroxyl exchange in biotite and estimation of relative HCl/HF activities in hydrothermal fluids. *Economic Geology*, 76(8), 2212-2221
18. Munoz, J.L. 1992. Calculation of HF and HCl fugacities from biotite compositions: revised equations. *Geological Society of America, Abstract. Program*, 24, A221.
19. Nachit, H., I. Abderrahmane, E.H. Abia, M. Ben Ohoud .2005. Discrimination between primary magmatic biotites, reequilibrated biotites and neofomed biotites. *C. R. Geoscience*, 337, pp. 1415-1420.
20. Rieder, M., G. Cavazzini, Y.S. D'Yakonov, V.A. Frank-Kamentskii, G. Gottardi, S. Guggenheim, P.V.Koval, G. Müller, A.M.R. Neiva, E.W. Radoslovich, J-L. Robert, F.P. Sassi, H. Takeda, Z. Weiss, D.R. Wones. 1998: Nomenclature of the micas. - *The Canadian Mineralogist*, 36, pp. 41-48.
21. Sallet, R. 2000. Fluorine as a tool in the petrogenesis of quartz-bearing magmatic associations: applications of an improved F-OH biotite-apatite thermometer grid. *Lithos*, 50(1-3), 241-253.
22. Tischendorf, G., Förster, H. J., & Gottesmann, B. 2001. Minor and trace element composition of trioctahedral micas: a review. *Mineralogical Magazine*, 65(2), 249-276.
23. Trần Nghĩa (chủ biên). 1995. Bản đồ địa chất và khoáng sản Việt Nam tỷ lệ 1:200.000 tờ Sầm Nưa.
24. Trần Văn Thành, Đỗ Văn Nhuận, Nguyễn Kim Long, Lê Thị Thu, Phạm Trung Hiếu, Thiêm Quốc Tuấn. 2018. Đặc điểm thạch địa hóa granitoid phức hệ Mường Lát. Hội nghị Toàn quốc Khoa học Trái đất và Tài nguyên với Phát triển bền vững (ERSD 2018), Hà Nội, 2018, tr. 64 - 76.
25. Trần Văn Thành, Phạm Trung Hiếu. 2018, Tuổi đồng vị U-Pb của zircon trong pegmatit phức hệ Mường Lát, Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ, vol 2, no 1, 2018, tr. 96 -101.
26. Trần Văn Trị, Vũ Khúc (Đồng Chủ biên) và nnk. 2009. Địa chất và Tài nguyên Việt Nam. Nhà xuất bản khoa học tự nhiên và Công nghệ.
27. Uchida, E., Endo, S., & Makino, M. 2007. Relationship between solidification depth of granitic rocks and formation of hydrothermal ore deposits. *Resource Geology*, 57(1), 47-56.
28. Wones, D.R., H.P. Eugster . 1965. Stability of biotite: experiment, theory, and application. *American Mineralogist*, 50, pp. 1228-1272.
29. Yavuz F. 2003a. Evaluating micas in petrologic and metallogenic aspect: part II—applications using the computer program Mica+. *Comput Geosci* 29:1215-1228.
30. Yavuz F. 2003b. Evaluating micas in petrologic and metallogenic aspect: I-definitions and structure of the computer program MICA+. *Comput Geosci* 29:1203-1213.
31. Zhang, W., Lentz, D. R., Thorne, K. G., & McFarlane, C. 2016. Geochemical characteristics of biotite from felsic intrusive rocks around the Sisson Brook W-Mo-Cu deposit, west-central New Brunswick: An indicator of halogen and oxygen fugacity of magmatic systems. *Ore Geology Reviews*, 77, 82-96.
32. Zhu, C., D.A. Sverjensky. 1991: Partitioning of F-Cl-OH between minerals and hydrothermal fluids. *Geochimica Cosmochimica Acta*, 55, pp. 1837-1858.
33. Zhu, C., D.A. Sverjensky. 1992: F-Cl-OH partitioning between and apatite. *Geochimica Cosmochimica Acta*, 56, pp. 3435-3467.