



Microstructure characteristics of the garnet-bearing schist from Nam Co formation, Son La area, Song Ma suture zone, Northwestern Vietnam



Hau Vinh Bui *, Hai Thanh Tran, Thanh Xuan Ngo, Chi Kim Thi Ngo

Faculty of Geosciences and Geoengineering, Hanoi University of Mining and Geology, Vietnam

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article history:

Received 17th Oct. 2020

Accepted 1st Jan. 2021

Available online 28th Feb. 2021

Keywords:

Garnet-bearing schists,
Nam Co formation,
Song Ma suture zone.

The garnet-bearing schists of the Nam Co formation have an identical mineral assemblage consisting of garnet, chlorite, albite, quartz and muscovite, together with accessory apatite, zircon, monazite, xenotime, and ilmenite. An aggregate of muscovite and chlorite defines the major foliations (S_n). Both albite and garnet occur as a porphyroblast, ranging in size $0.2 \div 1$ mm and $0.5 \div 1.2$ mm, respectively. Albite porphyroblasts commonly have the curved to sigmoidal inclusion trails defined by graphitic materials (S_{n-1}). Garnet porphyroblasts in the sample is generally characterized by paucity of inclusions and retrograde corona of bitotite and chlorite. Garnet also occurs as an inclusion within albite porphyroblast. Porphyroblastic garnet shows the compositional zonation typified by a bell-shaped spessartine profile balanced by increasing almandine from core to rim. Whereas, inclusion garnet is homogeneous compositions with rich in almandine and poor in spessartine, pyrope and grossular. All the above microstructures suggest two deformation and metamorphic stages (M_1 and M_2) that were affected to polydeformed rocks of the Nam Co formation, Song Ma suture zone.

Copyright © 2021 Hanoi University of Mining and Geology. All rights reserved.

*Corresponding author

E - mail: buivinhau@humg.edu.vn

DOI: 10.46326/JMES.2021.62(1).08



Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất

Trang điện tử: <http://tapchi.humg.edu.vn>



Đặc điểm thành phần thạch học và cấu trúc các đá phiến chứa granat của hệ tầng Nậm Cô, khu vực Sơn La, đới khâu Sông Mã, Tây Bắc Việt Nam

Bùi Vinh Hậu *, Trần Thanh Hải, Ngô Xuân Thành, Ngô Thị Kim Chi

Khoa Khoa học và Kỹ thuật Địa chất, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

Quá trình:
 Nhận bài 17/10/2020
 Chấp nhận 15/01/2021
 Đăng online 28/02/2021

Từ khóa:

Đá phiến chứa granat,
 Đới khâu Sông Mã,
 Hệ tầng Nậm Cô.

TÓM TẮT

Các đá phiến chứa granat thuộc hệ tầng Nậm Cô, khu vực Sơn La có tổ hợp cộng sinh khoáng vật bao gồm granat, chlorit, albit, thạch anh và muscovit, đi cùng với các khoáng vật phụ như apatit, zircon, monazit, xenotim, ilmelit. Tổ hợp muscovit và chlorit cấu thành mặt phiến chính trong đá (S_n). Albit và granat có cấu trúc là các hạt ban tinh, kích thước lần lượt từ 0,2÷1,0 mm và 0,5÷1,2 mm. Các ban tinh albit thường có giàu các thể tù là các khoáng vật có trước như thạch anh, muscovit, chlorit, zircon, granat, các khoáng vật này sắp xếp định hướng bên trong albit tạo thành dấu vết của mặt phiến có trước (S_{n-1}). Ban tinh granat thường nghèo các thể tù, bị biến đổi ở rìa và bị thay thế bởi khoáng vật thứ sinh như biotit, chlorit. Ban tinh granat có sự thay đổi thành phần từ trong nhân ra ngoài rìa, được thể hiện bởi sự giảm dần của thành phần spessatin tương ứng với sự tăng dần của thành phần almandin. Granat dạng thể tù trong ban tinh albit có thành phần tương đối đồng nhất, với thành phần giàu almandin và nghèo spessatin, pyrop và grossula. Đặc điểm thành phần khoáng vật và cấu trúc trên cho thấy có ít nhất 2 pha biến chất và biến dạng chính đã tác động lên các đá pelit trong khu vực.

© 2021 Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Tất cả các quyền được bảo đảm.

1. Mở đầu

Những năm gần đây, việc nghiên cứu các đá trầm tích biến chất liên quan đến quá trình hút chìm được nhiều nhà địa chất trên toàn thế giới quan tâm nghiên cứu để đưa ra những góc nhìn đa chiều về đặc điểm, sự hình thành và phát triển của

một đới khâu kiến tạo (Breeding và nnk., 2004; Marscholl và nnk., 2008; Chmielowski và Berry, 2012; Skora và nnk., 2015; Whitney và Thorstern, 2018). Những nghiên cứu này đã góp phần quan trọng trong việc làm sáng tỏ quá trình va chạm giữa hai mảng kiến tạo, giai đoạn bắt đầu hút chìm vỏ đại dương cho đến giai đoạn va chạm lục địa. Trong đó, một loại đá trầm tích đặc biệt được quan tâm là các đá pelit gồm chủ yếu là các khoáng vật sét, rất dễ bị biến đổi trong quá trình thay đổi điều kiện nhiệt độ và áp suất, được coi là một loại đá chỉ thị để xác định điều kiện nhiệt độ và áp suất của

*Tác giả liên hệ

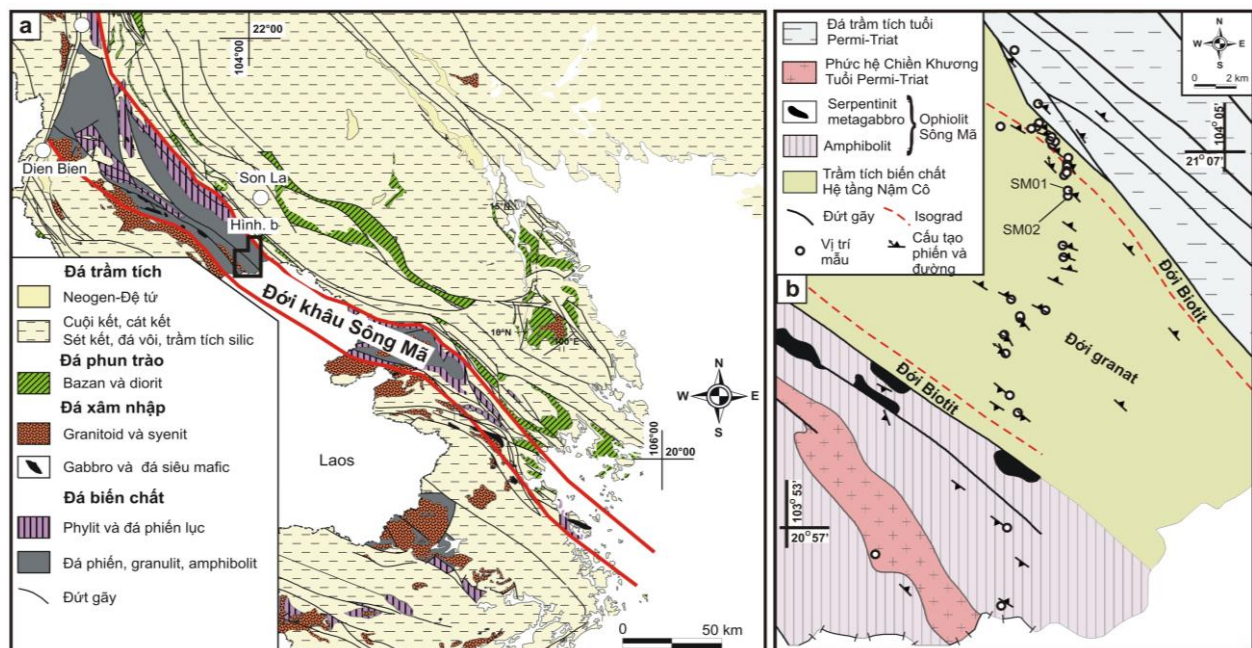
E - mail: buivinhhau@humg.edu.vn
 DOI: 10.46326/JMES.2021.62(1).08

quá trình biến chất liên quan đến va chạm kiến tạo (Meyre và nnk., 1999; Tinkham và nnk., 2001; Ko và nnk., 2005; Potel và nnk., 2006; Smye và nnk., 2010; Carmona và nnk., 2013; Maldonado và nnk. 2018). Đá pelit nằm trong đới khô, do đó đã trở thành đối tượng nghiên cứu quan trọng trong việc nghiên cứu quá trình hình thành và phát triển của một đới khô (Azañón và nnk., 1998; Meyre và nnk., 1999; Ko và nnk., 2005; Potel và nnk., 2006; Smye và nnk., 2010; Maldonado và nnk. 2018).

Đới khô Sông Mã ở Tây Bắc Việt Nam từ lâu đã được đông đảo các nhà khoa học cho rằng đó là ranh giới hội nhập giữa hai địa mảng kiến tạo Nam Trung Hoa và Đông Dương (Hình 1a; Fidlay và Phan, 1997; Lepvrier và nnk., 1997; 2004; 2008; Hoa và nnk., 2008; Liu và nnk., 2012; Nakano và nnk., 2008; 2010; Vượng và nnk., 2013; Zhang và nnk., 2013; 2014; Thanh và nnk., 2014; 2016; Hiếu và nnk., 2017; Hậu và nnk., 2018). Quan điểm trên xuất phát từ sự tồn tại của các tổ hợp mafic-siêu mafic mà thành phần của chúng được cho là phần còn lại của một vỏ đại dương cổ (Hình 1a; Thanh và nnk., 2014; 2016), cùng với đó là sự xuất hiện của các đá biến chất áp suất cao như granulit và eclogit ở phần tây bắc của đới khô Sông Mã (Hình 1a; Nakano và nnk., 2008; 2010; Zhang và nnk., 2013). Các luận điểm, giả thuyết về quá trình hội nhập của hai địa mảng Đông Dương và Nam Trung Hoa cho đến nay vẫn chủ yếu dựa vào đặc điểm

của tổ hợp ophiolit Sông Mã (Zhang và nnk 2013; Ngô Xuân Thành và nnk., 2016), đặc điểm địa hóa và tuổi của các tổ hợp granitoid được cho là liên quan đến quá trình hút chìm và va chạm (Liu và nnk., 2012; Phạm Trung Hiếu và nnk., 2017), hoặc nghiên cứu đặc điểm biến chất của các đá biến chất cao như granulit, eclogit ở phần phía tây bắc của đới khô Sông Mã (Nakano và nnk., 2008; 2010; Zhang và nnk., 2013). Tuy nhiên, nghiên cứu các đá trầm tích biến chất liên quan đến đới khô Sông Mã còn khá hạn chế, chủ yếu dừng lại ở mô tả đặc điểm thạch học, ngoại trừ nghiên cứu các đá eclogit và granulit ở phần tây bắc đới khô Sông Mã (Fidlay và Phan, 1997; Trần Văn Trị và Vũ Khúc, 2011; Nakano và nnk., 2008; 2010; Zhang và nnk., 2013), đến nay chưa có những nghiên cứu điều kiện, thời gian biến chất cụ thể các khu vực khác. Điều này làm cho việc kết nối lịch sử địa chất khu vực còn nhiều khó khăn và tranh luận về bản chất và vai trò kiến tạo của chúng trong lịch sử phát triển kiến tạo giữa hai địa mảng kiến tạo Nam Trung Hoa và Đông Dương.

Do đó, trong bài báo này, đặc điểm về cấu trúc, thành phần thạch học của các phiến chứa granat (trầm tích pelit biến chất) thuộc hệ tầng Nậm Cồ nằm trong khu vực Sơn La sẽ được nghiên cứu chi tiết tạo tiền đề cho việc tính toán và xác định quá trình tiến hóa lịch sử biến chất (áp suất-nhiệt độ-thời gian (P - T - t)) của các đá trầm tích biến chất



Hình 1: a) Đới khô Sông Mã trong khu vực Tây Bắc Việt Nam; b) Sơ đồ địa chất khu vực nghiên cứu và vị trí lấy mẫu.

trong khu vực từ đó làm cơ sở khôi phục lịch sử tiến hóa kiến tạo của ranh giới mảng Đông Dương và Nam Trung Hoa.

2. Cơ sở tài liệu và phương pháp nghiên cứu

Theo Hậu và nnk. (2018), hệ tầng Nậm Cô trong khu vực Sơn La được cấu thành chủ yếu bởi các đá pelit bị biến chất nằm xen kẹp với các đá cát kết hạt nhỏ. Trên bình đồ kiến trúc khu vực, hệ tầng Nậm Cô nằm trong nhân của phức nếp nôi Sông Mã (Song Ma anticlinorium) (Fidlay và Phan, 1997) và có thể chia làm hai đới biến chất khác nhau là đới biotit ở ngoài và đới granat ở trung tâm (Hình 1b). Tổ hợp cộng sinh khoáng vật của đới biotit bao gồm thạch anh + biotit + muscovite + chlorit, trong khi đó đới granat bao gồm thạch anh + granat + muscovit + chlorit ± biotit. Zircon, ilmenit, xenotim, monazit, apatit là các khoáng vật phụ xuất hiện ở cả 2 đới biến chất biotit và granit.

Hai mươi mẫu đã được lấy cắt ngang qua hệ tầng Nậm Cô dọc theo đường 4G từ Sơn La đi Sông Mã (Hình 1b) và 2 mẫu thuộc đới biến chất granat đã được chọn để làm lát mỏng phục vụ việc nghiên cứu tổ hợp cộng sinh khoáng vật và vi cấu trúc

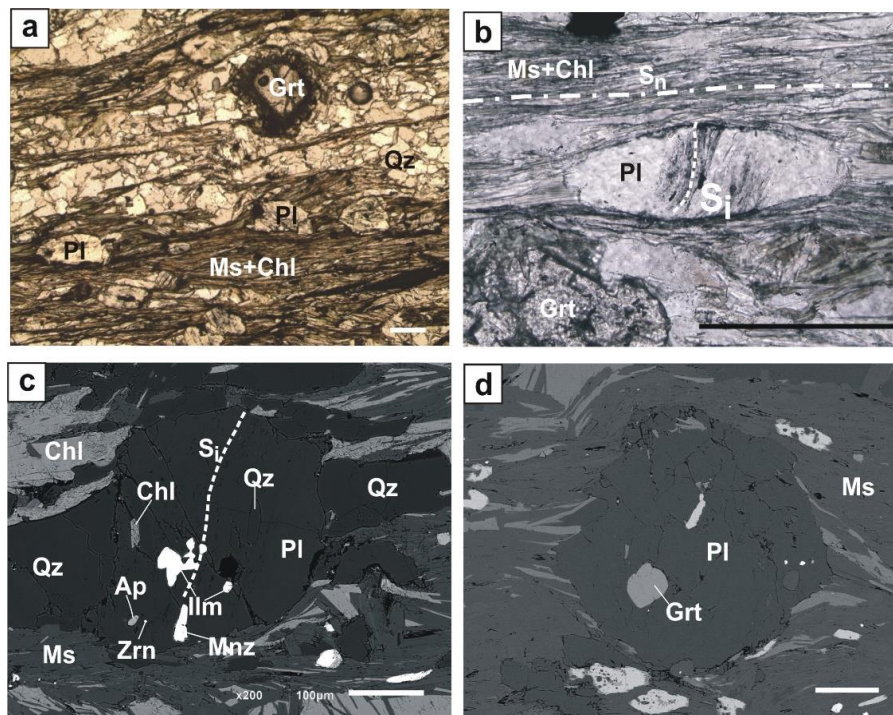
(mẫu SM01 và SM02). Lát mỏng được cắt vuông góc với các cấu tạo phiến và song song với các cấu tạo đường trên mặt phiến. Tỷ lệ phần trăm của các khoáng vật được phân tích và tính toán bằng phương pháp đếm điểm (15.000 điểm).

Thành phần địa hóa khoáng vật của mẫu SM01 được phân tích bằng máy điện tử quét JEON JXA 8500F đặt tại Korea Polar Research Institute (KOPRI) (phương pháp phân tích và điều kiện cài đặt máy xem chi tiết tại Kim và nnk., 2019).

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Tổ hợp cộng sinh khoáng vật và đặc điểm vi cấu tạo

Tổ hợp cộng sinh khoáng vật trong hai mẫu đá phiến chứa granat SM01 và SM02 gồm có thạch anh + granat + muscovit + chlorit, đi cùng với các khoáng vật phụ như apatit, zircon, monazit, xenotim, ilmilit. Muscovit và chlorit có dạng ép dẹt kéo dài kích thước theo chiều $0,1 \div 0,5$ cm (Hình 2a-d) và thường phát triển cùng với nhau để cấu thành mặt phiến chính trong đá (S_n) (Hình 2a, b). Plagiocla và granat có cấu trúc là các hạt ban tinh,



Hình 2. Ảnh chụp lát mỏng thể hiện tổ hợp cộng sinh khoáng vật và đặc điểm vi cấu trúc của đá phiến chứa granat thuộc hệ tầng Nậm Cô, khu vực Sơn La; (a, b) chụp bằng kính hiển vi quang học dưới 1 nicon; (c, d) chụp bằng kính hiển vi điện tử quét (SEM); các ký hiệu: Grt, granat; Ms, muscovit; Chl, chlorit; Pl, plagiocla; Ilm, Ilmenit; Ap, apatit; Mnz, monazit; Qz, thạch anh; Zrn, zircon. Thước tỷ lệ tương ứng với 0.1 mm.

kích thước lần lượt $0,2 \div 1$ mm và $0,5 \div 1,2$ mm (Hình 2a-d). Các ban tinh plagiocla thường có giàu các thể tù là các khoáng vật có trước như thạch anh, muscovit, chlorit, zircon granat (Hình 2c,d), các khoáng vật này sắp xếp định hướng bên trong albit tạo thành dấu vết của mặt phiến có trước S_{n-1} (Hình 2c). Ban tinh granat thường nghèo các thể tù, bị biến đổi ở rìa và bị thay thế bởi khoáng vật thứ sinh như biotit, chlorit (Hình 2a). Đặc điểm cấu trúc trên cho thấy có ít nhất 2 pha biến chất và biến dạng chính đã tác động lên các đá pelit trong khu vực. Pha thứ nhất hình thành nên tổ hợp cộng sinh khoáng vật tồn tại dạng thể tù trong các ban tinh albit và hình thành mặt phiến S_{n-1} . Pha biến dạng và biến chất thứ hai hình thành tổ hợp cộng sinh khoáng vật là các ban tinh granat, albit và các khoáng vật nền thạch anh, muscovit, chlorit, thạch anh.

3.2. Đặc điểm thành phần địa hóa khoáng vật

3.2.1. Granat

Ban tinh granat trong mẫu SM01 chiếm khoảng 2% diện tích trong lát mỏng và đặc điểm địa hóa có sự thay đổi thành phần từ trong nhân ra ngoài, được thể hiện bởi sự giảm dần của thành phần spessartin tương ứng với sự tăng dần của thành phần almandin theo hướng từ nhân ra ngoài rìa, điều này cho thấy các ban tinh granat này được hình thành trong một giai đoạn biến chất (Woodsworth, 1977) (Hình. 3a). Ban tinh granat trong mẫu SM01 giàu thành phần almandin và spessartin nhưng lại có hàm lượng grossular và pyrope thấp ($X_{alm}=0,63 \div 0,74$; $X_{sps}=0,18 \div 0,27$; $X_{prp}=0,03 \div 0,05$; $X_{grs}=0,04 \div 0,05$). Trong khi đó các hạt granat tồn tại dạng thể tù trong các

ban tinh plagiocla có thành phần khá đồng nhất từ trong nhân ra ngoài, đặc trưng bởi giàu thành phần almandin nhưng thành phần spessartin, pyrop và grossula lại tương đối nghèo ($X_{alm}=0,83 \div 0,84$; $X_{sps}=0,07 \div 0,08$; $X_{prp}=0,03$; $X_{grs}=0,06$) (Bảng 1; Hình. 3a, b). Giá trị X_{Fe} của cả ban tinh granat và granat dạng thể tù tương đối giống nhau ($X_{Fe} = 0,96$) (Hình. 3b).

3.2.2. Muscovit

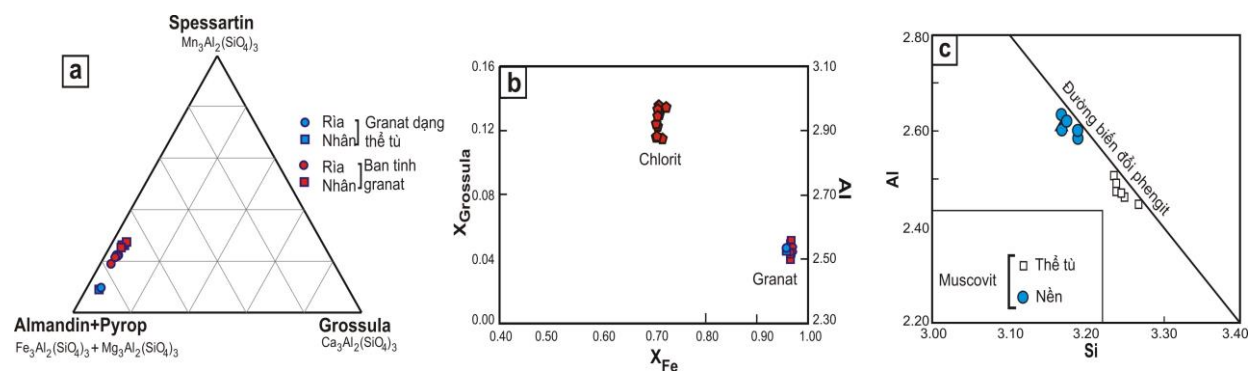
Muscovit chiếm khoảng 42% diện tích trong lát mỏng và có giá trị $Na/(Na + K + Ca)$ thay đổi $0,07 \div 0,09$, hàm lượng Si và Al được tính toán theo 11 nguyên tử O trong cấu trúc phân tử lần lượt là $3,17 \div 3,19$ apfu và $2,50 \div 2,65$ apfu (atom per formula unit). Trong khi đó, giá trị $Na/(Na + K + Ca)$ và hàm lượng Si, Al của muscovit dạng thể tù trong mẫu SM01 lần lượt là $0,05 \div 0,07$, $3,24 \div 3,27$ apfu và $2,31 \div 2,54$ apfu (Bảng 1; Hình 3c).

3.2.3. Chlorit và plagiocla

Chlorit nền trong mẫu SM01 chiếm khoảng 13% diện tích trong lát mỏng có thành phần khá đồng nhất với giá trị $X_{Fe} \sim 0,71$, hàm lượng Al được tính toán theo 14 nguyên tử O trong cấu trúc phân tử là $2,87 \div 2,97$ apfu (Bảng 1; Hình 3b).

Plagiocla chiếm khoảng 4% diện tích lát mỏng và có thành phần địa hóa khá đồng nhất với hàm lượng Ab (albit) = $0,93 \div 0,99$ (Bảng 1).

Như vậy từ thành phần địa hóa khoáng vật, ta có thể nhận thấy sự khác nhau về thành phần của các khoáng vật ban tinh granat, khoáng vật nền như muscovit so với các khoáng vật granat và muscovit tồn tại dưới dạng thể tù trong các ban tinh plagiocla. Sự khác nhau về thành phần khoáng vật này chỉ ra rằng các khoáng vật tồn tại



Hình 3: Thành phần địa hóa khoáng vật trong mẫu SM01, a) thành phần địa hóa granat, b) thành phần địa hóa chlorit và granat, c) thành phần địa hóa muscovit.

dạng thể tù trong ban tinh plagiocla được hình thành trong một giai đoạn biến chất và biến dạng khác với giai đoạn biến chất biến dạng để hình thành các ban tinh granat, plagiocla và khoáng vật nền muscovite, chlorit (Hình 3a, c).

3.3. Đặc điểm kiến tạo khu vực

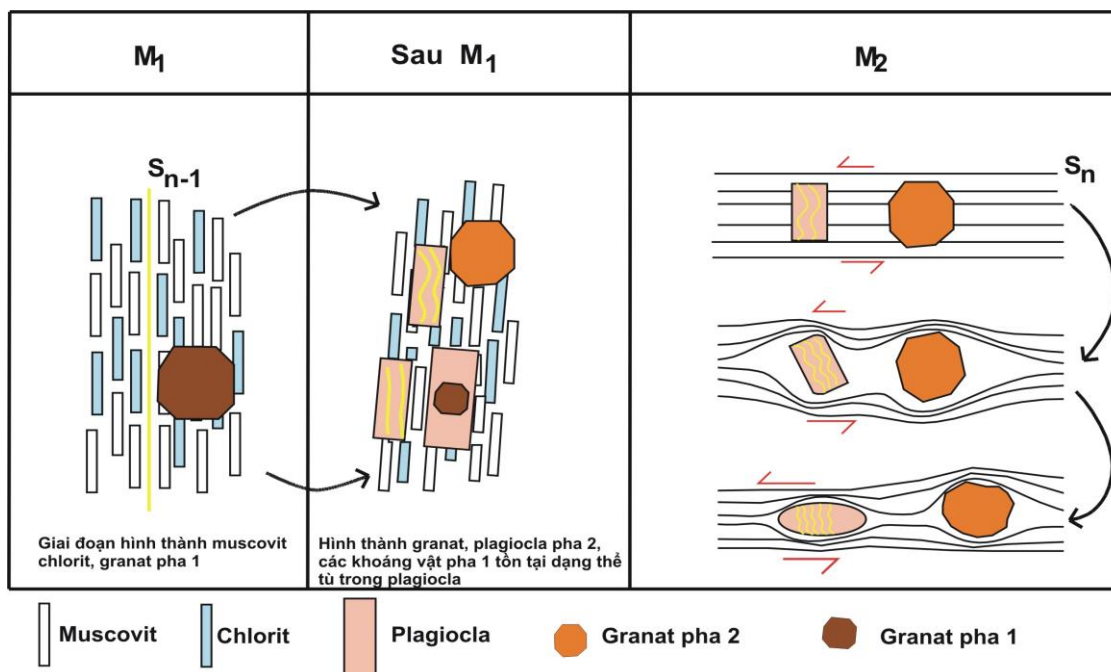
Kết quả phân tích thành phần địa hóa khoáng vật cùng với đặc điểm vi cấu tạo trong lát mỏng trình bày ở trên cho thấy, các đá pelit biến chất chứa granat của hệ tầng Nậm Cô trong khu vực Sơn La đã trải qua hai giai đoạn biến chất và biến dạng khác nhau (M_1 và M_2). Pha biến dạng và biến chất thứ nhất (M_1) được xác định bằng tổ hợp cộng sinh khoáng vật tồn tại dạng thể tù trong các ban tinh plagiocla bao gồm granat + chlorit + muscovit + rutil/ilmenit + monazit, các khoáng vật này được sắp xếp định hướng và cấu thành nên mặt phiến S_{n-1} . Thành phần khoáng vật hình thành trong giai đoạn M_1 được đặc trưng bởi muscovit có hàm lượng Si cao ($3,24 \div 3,27$ apfu) và granat giàu almandin ($X_{alm}=0,83 \div 0,84$; $X_{sps}=0,07 \div 0,08$; $X_{prp}=0,03$ và $X_{grs}=0,06$). Trong khi đó, tổ hợp cộng sinh khoáng vật gồm các ban tinh granat +

plagiocla và các khoáng vật nền như thạch anh + muscovit+ chlorit được hình thành và ép phiến (S_n) trong giai đoạn biến chất muộn hơn (M_2).

Fidlay và Phan, (1997) cũng đã tìm thấy những bằng chứng chứng tỏ các đá biến chất của đới khâu Sông Mã đã trải qua ba giai đoạn biến chất và biến dạng. Giai đoạn thứ nhất (M_1) tạo ra các đá phiến thạch anh mica (S_1), giai đoạn thứ hai (M_2) đặc trưng bởi sự phân phiến mạnh mẽ của đá phiến mica và hình thành các vi uốn nếp (S_2) và cuối cùng là giai đoạn (M_3) phát triển các cấu tạo dạng thớ nhú và các dải mica theo mặt phiến. Những nghiên cứu gần đây của Nakano và nnk. (2010); Zhang và nnk. (2013) trên các đá biến chất áp suất cao như granunit và eclogit ở khu vực phía tây bắc đới khâu Sông Mã đã chỉ ra rằng các đá biến chất áp suất cao trong khu vực có tuổi biến chất khoảng $230 \div 243$ tr.n. Tuy nhiên, kết quả tuổi khoảng 424 tr.n. cũng đã được ghi nhận từ một số các vi hạt monazit xuất hiện kiểu bao thể trong các hạt granat (Nakano và nnk., 2010; Trần Thanh Hải và nnk., 2014) cũng đã xác định được 2 pha biến dạng, biến chất chính tác động nên các đá trong địa khối Đông Dương:

Bảng 1. Thành phần địa hóa của các khoáng vật trong mẫu SM01 (các oxit tính theo đơn vị % khối lượng, các nguyên tố được tính theo số lượng nguyên tử trong công thức khoáng vật (apfu)).

TT	Ban tinh										Thể tù			
	Granat				Plagiocla	Muscovit	Chlorit	Granat		Muscovit				
	Nhân		Rìa					Nhân	Rìa					
SiO ₂	36,52	36,43	36,17	36,77	68,39	68,53	47,98	46,84	22,43	22,98	36,32	36,30	48,72	49,13
TiO ₂	-	0,10	-	-	-	-	0,308	0,34	-	0,03	0,07	0,09	0,35	0,20
Al ₂ O ₃	20,96	20,83	21,01	21,16	19,81	19,79	33,021	32,01	21,77	22,60	20,91	20,70	31,75	31,41
FeO	28,83	29,54	31,02	32,16	0,06	0,00	2,701	3,14	33,88	34,91	37,59	37,43	2,55	2,24
MnO	11,56	11,27	9,53	8,15	0,04	0,04	-	-	0,25	0,29	3,08	3,26	0,02	0,01
MgO	0,69	0,74	0,70	0,73	-	-	1,252	1,01	7,86	7,92	0,86	0,80	1,50	1,49
CaO	1,70	1,72	1,43	1,57	0,06	0,01	-	0,05	-	0,01	2,05	2,21	-	-
Na ₂ O	0,05	0,05	0,03	-	11,35	11,52	0,503	0,63	-	0,03	-	-	0,38	0,52
K ₂ O	-	-	-	-	0,06	0,07	9,665	10,83	0,02	0,01	-	-	10,31	10,07
Total	100,32	100,68	99,91	100,55	99,78	99,96	95,43	94,84	86,21	88,78	100,88	100,79	95,58	95,08
O	12	12	12	12	8	8	11	11	14	14	12	12	11	11
Si	2,98	2,97	2,97	2,99	2,99	2,99	3,19	3,17	2,54	2,53	2,96	2,96	3,24	3,27
Ti	-	0,01	-	-	-	-	0,02	0,02	-	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01
Al	2,02	2,00	2,03	2,03	1,02	1,02	2,59	2,50	2,90	2,93	2,01	1,99	2,49	2,47
Fe	1,97	2,00	2,19	2,19	0,00	0,00	0,15	0,18	3,20	3,27	2,56	2,56	0,14	0,12
Mn	0,80	0,78	0,66	0,56	0,00	0,00	-	-	0,02	0,03	0,21	0,23	0,00	0,00
Mg	0,08	0,09	0,09	0,09	-	-	0,12	0,10	1,33	1,23	0,10	0,10	0,15	0,15
Ca	0,15	0,15	0,13	0,14	0,00	0,00	-	0,00	-	0,00	0,18	0,19	-	-
Na	0,01	0,01	0,01	-	0,96	0,98	0,06	0,08	-	0,01	-	-	0,05	0,07
K	-	-	-	-	0,00	0,00	0,82	0,94	0,01	0,00	-	-	0,87	0,86
Total	8,01	8,02	8,01	7,99	4,98	4,99	6,95	6,99	10,00	10,00	8,02	8,04	6,96	6,94



Hình 4. Mô hình mô tả sự hình thành và phát triển các khoáng vật và cấu tạo phiến trong đá phiến chứa granat thuộc hệ tầng Nậm Cô.

D_1 đặc trưng bởi quá trình biến chất khu vực tạo nên các cấu tạo dạng phiến và milonit hóa đi cùng với các thành tạo magma felsic tuổi khoảng 430 tr.n; D_2 là giai đoạn kiến tạo tạo thành những nếp uốn khu vực phương tây bắc - đông nam và các biến dạng dẻo khác, giai đoạn này diễn ra trong khoảng 260÷240 tr.n.

Như vậy từ kết quả nghiên cứu thành phần địa hóa khoáng vật cũng như vi cấu tạo của các đá phiến chứa granat của hệ tầng Nậm Cô trong khu vực Sơn La, kết hợp với những công trình nghiên cứu trước đó trong khu vực cho thấy, các đá của hệ tầng Nậm Cô nói riêng và các đá nằm trong đới khâu Sông Mã nói chung đã trải qua quá trình biến chất và biến dạng đa kỳ. Tuy nhiên, để có thể kết nối các quá trình biến chất và biến dạng xác định được trong hệ tầng Nậm Cô với các giai đoạn kiến tạo chính diễn ra trong khu vực Đông Dương thì cần có thêm các nghiên cứu chi tiết về đặc điểm biến chất và tuổi biến chất của các thành tạo biến chất trong khu vực.

4. Kết luận

Kết quả phân tích thành phần địa hóa khoáng vật cùng với đặc điểm vi cấu tạo trong lát mỏng trình bày ở trên cho thấy, các đá pelit biến chất chứa granat của hệ tầng Nậm Cô trong khu vực Sơn La đã trải qua hai giai đoạn biến chất và biến

dạng khác nhau (M_1 và M_2). Pha biến dạng và biến chất thứ nhất (M_1) được xác định bằng tổ hợp cộng sinh khoáng vật tồn tại dạng thể tù trong các ban tinh plagiocla bao gồm granat + chlorit + muscovit + rutil/ilmenit + monazit, các khoáng vật này được sắp xếp định hướng và cấu thành nên mặt phiến S_{n-1} . Trong khi đó, tổ hợp cộng sinh khoáng vật gồm các ban tinh granat + plagiocla và các khoáng vật nền như thạch anh + muscovit + chlorit được hình thành và cấu thành mặt phiến (S_n) trong giai đoạn biến chất muộn hơn (M_2).

Lời cảm ơn

Để hoàn thành bài báo này, nhóm tác giả xin gửi lời cảm ơn Giáo sư Kim Yoonsup - Trường Đại học Quốc gia Chungbuk, Hàn Quốc và các cán bộ phòng phân tích Korea Polar Reseach Institute (KOPRI) đã giúp đỡ nhóm nghiên cứu có được kết quả phân tích mẫu đáng tin cậy. Nhóm nghiên cứu xin cảm ơn sự giúp đỡ và tạo điều kiện vô cùng quý báu của các thầy cô trong Bộ môn Địa chất, Khoa Khoa học và Kỹ thuật Địa chất, các phòng ban chức năng của Nhà trường đã tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình nghiên cứu của nhóm tác giả. Kết quả nghiên cứu được sự hỗ trợ từ Quỹ Phát triển Khoa học Công nghệ Quốc gia (NAFOSTED) trong đề tài mã số 105.99 - 2020.12.

Những đóng góp của tác giả

Tổng quan: Bùi Vinh Hậu, Ngô Xuân Thành;
 Phương pháp luận: Bùi Vinh Hậu, Trần Thanh Hải,
 Ngô Xuân Thành; Phân tích số liệu: Bùi Vinh Hậu,
 Trần Thanh Hải, Ngô Thị Kim Chi; Điều tra, khảo
 sát: Bùi Vinh Hậu, Ngô Thị Kim Chi; Viết bản thảo:
 Bùi Vinh Hậu; Đánh giá và chỉnh sửa: Trần Thanh
 Hải, Ngô Xuân Thành.

Tài liệu tham khảo

- Azañón, J. M., García-Dueñas, V., Goffé, B., (1998). Exhumation of high-pressure metapelites and coeval crustal extension in the Alpujarride complex (Betic Cordillera). *Tectonophysics*, 285, 231-252.
- Breeding, C. M., Ague, J. J., Brocker, M., (2004). Fluid-metasedimentary rock interactions in subduction-zone mélange: Implications for the chemical composition of arc magmas. *Geological Society of America*, 32, 1041-1044.
- Carmona, A. L., Pitra, P., Abati, J., (2013). Blueschist-facies metapelites from the Malpica-Tui Unit (NW Iberian Massif): phase equilibria modelling and H₂O and Fe₂O₃ influence in high-pressure assemblages. *Journal of Metamorphic Geology*, 31, 263-280.
- Chmielowski, R. M. and Bery, R. F., (2012). The Cambrian metamorphic history of Tasmania: The Metapelites. *Australian Journal of Earth Sciences: An International Geoscience Journal of the Geological Society of Australia*, 59:7, 1007-1019.
- Findlay, R. H., Phan, T. T., (1997). The structural setting of the Song Ma region, Vietnam and the Indochina plate boundary problem. *Gondwana Research*, 1, 11-33.
- Hau, B. V., Kim, Y., Thanh, N. X., Hai, T. T., Yi, K., (2018). Neoproterozoic deposition and Triassic metamorphism of metasedimentary rocks in the Nam Co complex, Song Ma Suture Zone, NW Vietnam. *Geosciences Journal*, 22, 459-568.
- Hieu, P. T., Qing, S., Yu, Y., Thanh, N. X., Dung, L.T., Tu, V. L., Siebel, W., Chen, F., (2017). Stages of late Paleozoic to early Mesozoic magmatism in the Song Ma belt, NW Vietnam: evidence from zircon U-Pb geochronology and Hf isotope composition. *International Journal of Earth Sciences*, 106, 855-874.
- Hoa, T. T., Tran, T. A., Ngo, T. P., Pham, T. D., Tran, V. A., Izohk, A. E., Borisenko, A. S., Lan, C. Y., Chung, S. L., Lo, C. H., (2008). Permo-Triassic intermediate-felsic magmatism of the Truong Son belt, Eastern margin of Indochina. *Comptes Rendus Geoscience*, 340, 112-126.
- Kim, T., Kim, Y., Cho, M., Lee, J. I., (2019). P-T evolution and episodic zircon growth in barroisite eclogites of the Lanterman Range, northern Victoria Land, Antarctica. *Journal of Metamorphic Geology*. Doi: 10.1111/jmg.12474.
- Ko, Z.W., Enami, M., Aoya, M., (2005.) Chloritoid and barroisite-bearing pelitic schists from the eclogite unit in the Besshi district, *Sanbagawa metamorphic belt*. *Lithos*, 81, 79-100.
- Lepvrier, C., Maluski, H., Vu, V. T., Leyreoup, A., Phan, T. T., Vuong, N. V., (2004). The Early Triassic Indosinian orogeny in Vietnam (Truong Son Belt and Kontum Massif): Implications for the geodynamic evolution of Indochina. *Tectonophysics*, 393, 87-118.
- Lepvrier, C., Maluski, H., Vuong, N. V., Roques, D., Axente, V., Rangin, C., (1997). Indosinian NW-trending shear zones within the Truong Son belt (Vietnam): 40Ar-39Ar Triassic ages and Cretaceous to Cenozoic overprints. *Tectonophysics*, 283, 105-127.
- Lepvrier, C., Vuong, N. V., Maluski, H., Phan, T. T., Tich, V. V., (2008). Indosinian tectonics in Vietnam. *Comptes Rendus Geoscience*, 340, 94-111.
- Liu, J., Tran, M., Tang, Y., Nguyen, Q. L., Tran, T. H., Wu, W., Chen, J., Zhang, Z., Zhao, Z., (2012). Permo-Triassic granitoids in the northern part of the Truong Son belt, NW Vietnam: Geochronology, geochemistry and tectonic implications. *Gondwana Research*, 22, 628-644.
- Maldonado, R., Weber, B., Ortega-Gutiérrez, F., Solari, L. A., (2018). High-pressure metamorphic evolution of eclogite and associated metapelite from the Chuacús complex (Guatemala Suture Zone): constraints from phase equilibria modelling coupled with

- Lu-Hf and U-Pb geochronology. *Journal of Metamorphic Geology*, 36, 95-124.
- Marschall, H. R., Altherr, R., Kalt, A., Lidwig, T., (2008). Detrital, metamorphic and metasomatic tourmaline in high-pressure metasediments from Syros (Greece): intra-grain boron isotope patterns determined by secondary-ion mass spectrometry. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 155, 703-717.
- Meyre, C., Capitani, C. D., Zack, T., Frey, M., (1999). Petrology of High-pressure metapelites from the Adula Nappe (Central Alps, Switzerland). *Journal of Petrology*, 40, 199-213.
- Nakano, N., Osanai, Y., Minh, N. T., Miyamoto, T., Hayasaka, Y., Owada, M., (2008). Discovery of high-pressure granulite-facies metamorphism in north Vietnam: constrains to the Permo-Triassic Indochinese continental collision tectonics. *Comptes Rendus Geoscience*, 340, 127-138.
- Nakano, N., Osanai, Y., Sajeev, K., Hayasaka, Y., Miyamoto, T., Minh, N. T., Owada, M., Windley, B., (2010). Triassic eclogite from northern Vietnam: inferences and geological significance. *Journal of Metamorphic Geology*, 28, 59-76.
- Potel, S., Ferreiro Mählmann, R., Stern, W., Mullis, J., Frey M., (2006). Very low-grade metamorphic evolution of pelitic rocks under high-pressure/low-temperature conditions, NW New Caledonia. *Journal of Petrology*, 47, 991-1015.
- Skola, S., Mahlen, N. J., Johnson, C. M., Baumgartner, L. P., Lapen, T. J., Beard, B. L., Szilvagy, E. R., (2015). Evidence for protracted prograde metamorphism followed by rapid exhumation of the Zermatt-Saas Fee ophiolite. *Journal of Metamorphic Geology*, 33, 711-734.
- Smye, A. J., Greenwood, L. V., Holland, T. J. B., (2010): Garnet- chloritoid- kyanite assemblages: eclogite facies indicators of subduction constraints in orogenic belts. *J. Metamorphic Geol.*, 28, 753-768.
- Thanh, N. X., Santosh, M., Tran, T. H., Hieu, P. T., (2016). Subduction initiation of Indochina and South China blocks: insight from the forearc ophiolitic peridotites of the Song Ma Suture Zone in Vietnam. *Geological Journal*, 51, 421-442.
- Thanh, N. X., Tran, T. H., Hoang, N., Lan, V. Q., Kwon, S., Itaya, T., Santosh, M., (2014). Backarc mafic-ultramafic magmatism in Northeastern Vietnam and its regional tectonic significance. *Journal of Asian Earth Sciences*, 90, 45-60.
- Tinkham, D. K., Zuluaga, C. A., Stonwell, H. H., (2001). Metapelite phase equilibria modeling in MnNCKFMASH: the effect of variable Al₂O₃ and MgO/(MgO+FeO) on mineral stability. *Geological Materials Research*, 3, 1-42.
- Tran, T. H., Zaw, Khin, Halpin, J., Manaka, T., Meffre, S., Lai, C. K., Lee, Y. J., Le, V. H., Dinh, S., (2014). The Tamky-Phuoc Son Shear Zone in Central Vietnam: tectonic and metallogenic implications. *Gondwana Research*, 26 (1), 144-164.
- Tran Van Tri., Vu Khuc (Eds.), (2011). Geology and Earth Resources of Vietnam. *Publishing House for Science and Technology* (645 pp.).
- Vuong, N. V., Hansen, B. T., Wemmer, K., Lepvrier, C., Tich, V. V., Thang, T. T., (2013). U/Pb and Sm/Nd dating on ophiolitic rocks of the Song Ma Suture Zone (northern Vietnam): evidence for upper Paleozoic Paleotethyan lithospheric remnants. *Journal of Geodynamics*, 69, 140-147.
- Zhang, R. Y., Lo, C. H., Chung, S. L., Grove, M., Omori, S., Ilzuka, Y., Liou, J. G., Tri, T. V., (2013). Origin and tectonic implication of ophiolite and eclogite in the Song Ma Suture Zone between the South China and Indochina blocks. *Journal of Metamorphic Geology*, 31, 49-62.