



Journal of Mining and Earth Sciences

Website: <http://jmes.humg.edu.vn>

Cr - spinel and clinopyroxene compositions from metagabbro of Nui Ngoc complex in Tam Ky area: evidence of island - arc magma



Thanh Xuan Ngo ^{1,*}, Du Khac Nguyen ¹, Dao Anh Vu ^{1,2}, Chi Thi Pham ³, Hanh Hong Thi Nguyen ³, Dung Ngoc Pham ³

¹Hanoi University of Mining and Geology, Hanoi, Vietnam

²National Central University, Taoyuan, Taiwan

³Vietnam Institute of Geosciences and Mineral Resources, Hanoi, Vietnam

ARTICLE INFO

Article history:

Received 18th June 2021

Revised 19th Sept. 2021

Accepted 05th Oct. 2021

Keywords:

Cr - spinel,
Early Paleozoic,
Ophiolit TPSZ,
Pyroxen,
Tam Ky - Phuoc Son.

ABSTRACT

The hornblende and biotite - bearing metagabbro of the Nui Ngoc complex were exposed into a few small blocks in the southwest Tam Ky city and were viewed as parts of the Tam Ky - Phuoc Son ophiolitic complex (TPO). These rocks were undergone mylonitic deformation and metamorphism. The rocks consist mainly of orthopyroxene, clinopyroxene, plagioclase, olivine, hornblende, biotite and very few microscopic Cr - spinel. The clinopyroxene and Cr - spinel minerals were analyzed for their composition by EPMA, the results showed that: (1) The clinopyroxenes have low Al₂O₃ (3,2÷3,5 wt %), TiO₂ (0,70÷0,82 wt %) contents and (2) the Cr - spinels have low TiO₂ (0,23÷0,58 wt %) content and Mg#100 (Mg/ (Mg+Fe₂₊)) (32÷42) but has medium Cr# (Cr/ (Cr+Al)) (45÷52). These features are similar to those of rocks formed in an oceanic - oceanic subduction zone that was reported for the plagiogranite of Dieng Bong complex nearby. This study results combined with previous research results in the Tam Ky - Phuoc Son suture zone show the existence of island arc, continental arc, and MOR - magmatic types.*

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

*Corresponding author

E - mail: ngoxuanthanh@humg.edu.vn

DOI: 10.46326/JMES.2021.62 (5).01



Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất

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



Thành phần khoáng vật Cr - spinel và pyroxen của đá metagabbro phức hệ Núi Ngọc khu vực Tam Kỳ: bằng chứng về magma cung đảo

Ngô Xuân Thành^{1,*}, Nguyễn Khắc Du¹, Vũ Anh Đạo^{1,2}, Phạm Thị Chi³, Nguyễn Thị Hồng Hạnh³; Phạm Ngọc Dũng³

¹ Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội, Việt Nam

² Đại học quốc lập Trung ương, Taoyuan, Đài Loan

³ Viện Khoa học Địa chất và Khoáng Sản, Hà Nội, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

TÓM TẮT

Quá trình:

Nhận bài 18/6/2021

Sửa xong 19/9/2021

Chap nhận đăng 05/10/2021

Từ khóa:

COD,

Cr - spinel, pyroxen,

Ophiolit TPSZ,

Paleozoi sớm,

Tam Kỳ - Phước Sơn.

Các thành tạo metagabbro chứa hornblend và biotit thuộc phức hệ Núi Ngọc lộ ra thành một số khối nhỏ phía tây bắc Thành phố Tam Kỳ trong đới xáo trộn Tam Kỳ - Phước Sơn. Các thành tạo này bị biến chất và bị biến dạng mylonit yếu, thành phần khoáng vật tạo đá gồm chủ yếu là pyroxen xiên và pyroxen thoi, plagioclas, olivin, hornblend, biotit và rất ít Cr - spinel hạt nhỏ. Kết quả phân tích địa hóa khoáng vật pyroxen và Cr - spinel trong các đá metagabbro chứa hornblend và biotit cho thấy: (1) các khoáng vật pyroxen xiên có hàm lượng Al_2O_3 ($3,2 \div 3,5\%$), TiO_2 ($0,70 \div 0,82$) thấp, (2) khoáng vật Cr - spinel thấp TiO_2 ($0,23 \div 0,58\%$) và $Mg\#$ ($100 * (Mg / (Mg + Fe^{2+}))$) ($32 \div 42$) thấp nhưng $Cr\#$ ($Cr / (Cr + Al)$) trung bình ($45 \div 52$). Những đặc điểm này khá tương đồng với đặc trưng các đá được hình thành liên quan đến đới hút chìm kiểu cung đảo ghi nhận được từ kết quả nghiên cứu các đá plagiogranit phức hệ Điện Biên trong khu vực. Các kết quả của công trình này cùng với các kết quả nghiên cứu trước đây trong đới khâu Tam Kỳ - Phước Sơn cho thấy sự tồn tại của kiểu magma: cung đảo, cung lục địa và kiểu vỏ đại dương trong rìa bắc địa khối Kon Tum.

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

1. Mở đầu

Ophiolit được hiểu là tàn tích của tổ hợp thạch quyển đại dương cổ dọc các ranh giới địa khối kiến tạo cổ (Gass, 1968; Coleman, 1977). Những ghi

nhận về sự tồn tại ophiolit dọc theo các khối lục địa trên thế giới đã được nghiên cứu và đưa ra nhiều báo cáo về chúng. Khi nghiên cứu lần đầu tiên về ophiolit, các nhà địa chất đã cho rằng tổ hợp thạch quyển đại dương ở đây là các đá được hình thành dọc theo đới tách giãn sống núi giữa đại dương (MOR) (Gass, 1968; Coleman, 1977). Tuy nhiên, khi khoa học và công nghệ phát triển, đặc biệt là các nghiên cứu mang tính định lượng về thành phần vật chất của đá và khoáng vật, nhiều nhà khoa học

*Tác giả liên hệ

E - mail: ngoxuanthanh@humg.edu.vn

DOI: 10.46326/JMES.2021.62 (5).01

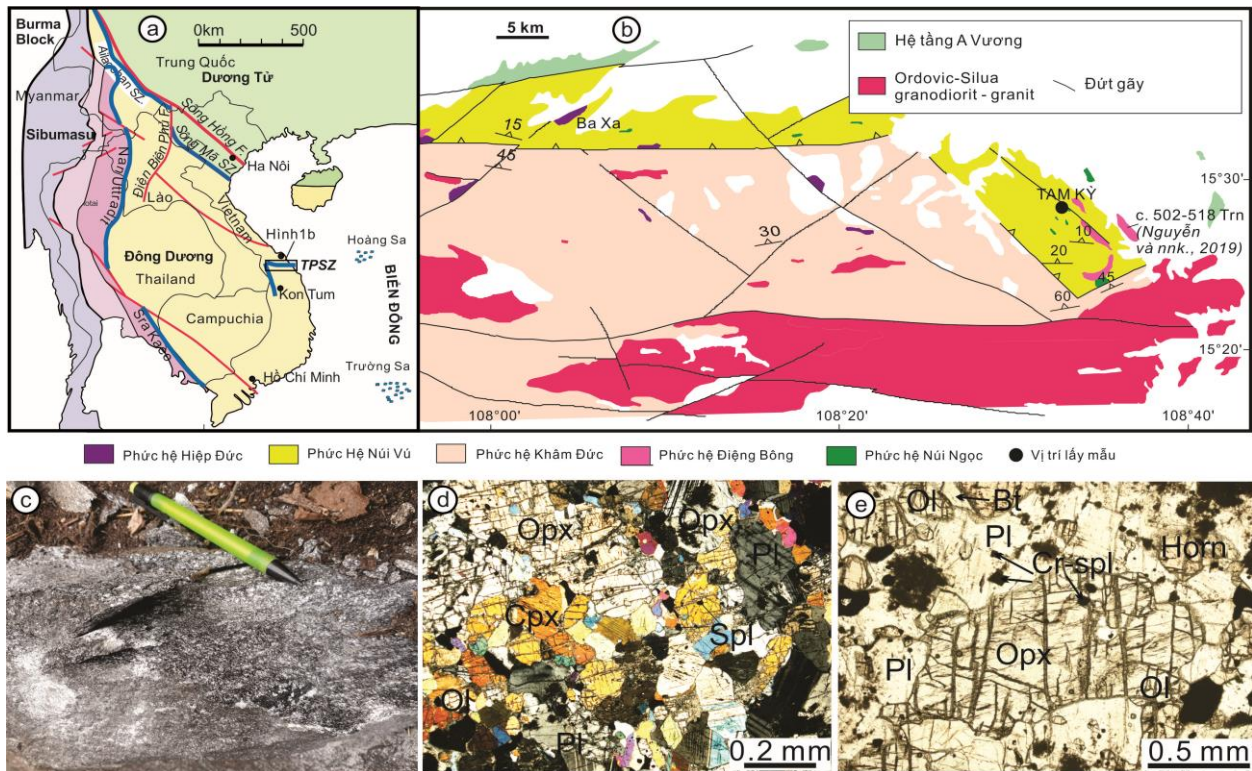
trên thế giới đã nhận ra rằng thành phần vật chất các đá trong một số tổ hợp ophiolit trên thế giới không điển hình cho kiểu magma hình thành dọc sống núi giữa đại dương mà chúng lại mang những đặc trưng của magma liên quan đến đới hút chìm (Dick và Bullen, 1984; Batanova và nnk., 2005; Himmelberg và Loney, 1995; Helmy và El Mahallawi, 2003; Dilek, 2003; Stern, 2004; Ngô và nnk., 2016). Dilek (2003) và Stern (2004) đã nghiên cứu và đưa kiểu ophiolit có đặc trưng magma đới hút chìm gọi là kiểu supra - subduction zone (tạm dịch là kiểu ophiolit liên quan đến hút chìm), thường là kiểu đại dương hình thành trong đới kiến tạo sau cung, trước cung. Để nghiên cứu bản chất kiến tạo của một tổ hợp ophiolit đòi hỏi những nghiên cứu tỷ mỉ về mối quan hệ không gian ngoài thực địa, đặc điểm thạch học, thành phần vật chất, điều kiện và các giai đoạn thành tạo. Tuy nhiên, do các quá trình kiến tạo tác động làm xáo trộn các thực thể cũng như biến chất các thành tạo đá dọc theo đới va chạm nên việc nghiên cứu đá trong tổ hợp ophiolit không hề dễ dàng. Nghiên cứu thành phần khoáng vật của các loại đá magma trong tổ hợp ophiolit được coi là một công cụ hữu hiệu để nghiên cứu thành phần vật chất, đặc biệt đối với các đá magma bị biến chất. Hiện tượng biến chất các đá trong tổ hợp ophiolit diễn ra phổ biến do sự tác động của các hoạt động va chạm, quá trình hút chìm của mảng kiến tạo. Nghiên cứu thành phần vật chất của các đá biến chất (như đá amphibolit, đá serpentinit,...) là vấn đề rất khó khăn và kết quả bị thay đổi mạnh do quá trình biến chất gây ra làm cho việc luận giải chúng khó khăn. Kỹ thuật phân tích phát triển cho phép các nhà nghiên cứu sử dụng các thiết bị phân tích trực tiếp trên các khoáng vật còn di sót sau biến chất (như pyroxen, olivin, Cr - spinel,...). Các kết quả phân tích này không những làm rõ hơn về thành phần khoáng vật và phân loại khoáng vật,... mà còn hiểu rõ hơn về bản chất môi trường kiến tạo của chúng.

Đới khâu Tam Kỳ - Phước Sơn (TPSZ) phân bố từ khu vực Tam Kỳ đến Phước Sơn, kéo dài gần 1000 km, được cho là đới kiến tạo giữa địa khối Trường Sơn ở phía bắc và Kon Tum ở phía nam trong giai đoạn Paleozoi sớm (Trần, V. T. và Vũ, K., 2009; Trần, T. H. và nnk., 2014). Các thành tạo địa chất thuộc tổ hợp ophiolit Tam Kỳ - Phước Sơn (TPO) dọc đới khâu này gồm: (1) amphibolit xen kẹp đá phiến kết tinh phức hệ Khâm Đức và Núi Vú, (2) các đá có thành phần siêu mafic - mafic bị biến

đổi, biến dạng phức hệ Hiệp Đức và (3) đá magma xâm nhập của phức hệ Núi Ngọc và Điện Biên. Mặc dù được cho là các thể ophiolit, tuy nhiên số lượng công trình nghiên cứu về bản chất kiến tạo của chúng hiện nay còn rất hạn chế. Dựa vào thành phần khoáng vật Cr - spinel trong serpentinit của phức hệ Hiệp Đức, Phạm và nnk. (2006) và Izokh và nnk. (2006) cho rằng chúng là những thể ophiolit kiểu sống núi giữa đại dương (MOR). Nghiên cứu thành phần địa hóa và tuổi thành tạo phức hệ Điện Biên nằm ở phía bắc đới khâu Tam Kỳ - Phước Sơn (TPSZ), Nguyễn và nnk. (2019) cho rằng chúng thuộc kiểu cung đảo hình thành giai đoạn Cambri giữa liên quan đến hút chìm của mảng đại dương cổ dưới khối Trường Sơn. Tuy nhiên, trong nghiên cứu của Ngô và nnk. (2021) về tuổi thành tạo các đá diorit khu vực Trà My và khu vực Phước Sơn lại cho kết quả định tuổi khoảng 450 tr.n., thuộc kiểu hút chìm cung lục địa. Như vậy mặc dù tổ hợp các đá trên đã được cho là những thể ophiolit nằm trong TPSZ, tuy nhiên việc nghiên cứu các đá trong tổ hợp TPO cần được làm rõ hơn. Trong nghiên cứu này, trên cơ sở thành phần khoáng vật Cr - spinel và pyroxen xen di sót trong các đá gabro biến chất được xếp vào phức hệ Núi Ngọc (phía tây bắc Thành phố Tam Kỳ, Hình 1b) nhóm tác giả thảo luận về bản chất môi trường kiến tạo của các đá này, đồng thời đánh giá ý nghĩa của chúng đối với tổ hợp TPO khu vực nghiên cứu.

2. Đặc điểm địa chất khu vực

Tổ hợp ophiolit Tam Kỳ - Phước Sơn bao gồm các đá thuộc phức hệ Khâm Đức, Hiệp Đức, Điện Biên và Núi Vú có tuổi Ordovic - Silua (Trần, V. T. và Vũ, K., 2009). Các đá phức hệ Khâm Đức gồm chủ yếu metapelite, metasammit, paragneiss, amphibolit xen kẹp với các thấu kính đá hoa bị biến chất tương phiến lục đến amphibolit. Nghiên cứu tiến hóa biến chất của các đá metapelite chứa granat trong phức hệ Khâm Đức cho thấy đường diễn tiến biến chất thuận với nhiệt độ cao nhất khoảng 570÷700 °C và áp suất khoảng 7,9÷8,6 kbar (Nakano và nnk., 2007a, b; Osanai và nnk., 2008). Trên cơ sở phân tích đặc điểm biến chất và tuổi liên quan, Usuki và nnk. (2009) cho rằng chúng trải qua các quá trình biến chất trong điều kiện áp suất cao/nhiệt độ trung bình khoảng 460 tr.n. trước đây, tiếp theo là điều kiện nhiệt độ cao/áp suất trung bình xảy ra khoảng 450 tr.n. trước đây. Ngô, X. T và nnk. (2020) báo cáo loạt tuổi các đá amphibolit khu



Hình 1. (a) Sơ đồ giản lược kiến tạo khu vực Đông Nam Á thể hiện các ranh giới kiến tạo, vị trí các đới khâu (Theo Metcalfe và nnk., 2017 có sửa chữa); (b) Sơ đồ địa chất giản lược đới khâu Tam Kỳ - Phước Sơn thể hiện các thành tạo địa chất chủ yếu cũng như khối magma nghiên cứu (dấu chấm đen tròn); (c) Ảnh chụp vết lộ đá metagabbro nghiên cứu cho thấy đá bị biến hóa khá mạnh; (d, e) Ảnh thạch học lát mỏng thể hiện thành phần chủ yếu các khoáng vật trong đá metagabbro (Opx: Pyroxen thoi, Cpx: pyroxen xiên, Bt: biotit, Ol: olivin, Cr-spl: cromspinel, Horn: hornblend, Pl: plagioclas).

vực Trà My và Phước Sơn cho tuổi hình thành magma khoảng 450 ± 460 tr.n., thuộc kiểu rìa lục địa tích cực. Các đá thuộc phức hệ Hiệp Đức gồm các thành tạo serpentinit, pyroxenit và gabro xuất hiện dạng thấu kính, phân bố trong phức hệ Khâm Đức và một ít trong phức hệ Núi Vú. Đặc biệt, chúng tập trung nhiều nhất dọc theo ranh giới giữa các đá thuộc phức hệ Núi Vú, Điện Biên Phủ (phía bắc TPO) và phức hệ Khâm Đức (phía nam TPO). Các đá serpentinit phức hệ Hiệp Đức bị biến dạng mylonit mạnh, trong đó các khoáng vật gần như bị biến đổi hoàn toàn, một số di sót khoáng vật Cr-spinel còn lại trong đá được cho là điển hình Cr-spinel kiểu Alpine hình thành liên quan đến tách giãn sống núi đại dương cổ (MOR) (Izokh và nnk., 2006). Một số kết quả phân tích Cr-spinel trong serpentinit cho chỉ số Cr# cao (> 80) được đánh giá là thuộc kiểu trước cung (Nguyễn và nnk., 2019).

Phức hệ Núi Vú, Núi Ngọc và Điện Biên Phủ phân bố chủ yếu phía bắc của tổ hợp TPO Phức hệ Núi Vú

có thành phần gồm các đá phiến meta-basalt đến meta-felsic xen kẹp với các đá phiến thạch anh kết tinh, phiến sét và phiến sét vôi tương biến chất thấp (phiến lục) (Trần, V. T. và Vũ, K., 2009).

Các đá thuộc phức hệ Núi Ngọc chủ yếu thành phần gabbro - amphibolit, gabbro - amphibolit - biotit, meta-pyroxenit. Phức hệ Điện Biên Phủ xuất hiện ở dạng các khối kích thước khác nhau đến dạng thấu kính nằm xen lẫn với các thành tạo phức hệ Núi Vú, (Trần, V. T. và Vũ, K., 2009; Nguyễn, M. Q. và nnk., 2009). Thành phần thạch học của các đá phức hệ Điện Biên Phủ chủ yếu là plagiogranit đến tonalit. Nghiên cứu các thành tạo plagiogranit phức hệ Điện Biên Phủ ở phía tây bắc Tam Kỳ, Nguyễn, M. Q. và nnk. (2019) trên cơ sở luận giải kết quả địa hóa, đồng vị Hf đã cho rằng các đá được thành tạo trong môi trường kiến tạo cung đảo, tuổi thành tạo khoảng 500 - 518 tr.n.

Nghiên cứu cấu trúc đới khâu TPSZ cho thấy các thành tạo serpentinit nằm trong TPSZ bị biến

Bảng 2. Thành phần khoáng vật Cr-spinel trong các đá metagabbro nghiên cứu.

Mẫu	QN-07	QN-07	QN-07	QN-07	QN-07	QN-21	QN-21	QN-21	QN-21	QN-21	QN-21
TiO ₂	0,45	0,38	0,36	0,58	0,23	0,33	0,42	0,37	0,37	0,27	0,35
Al ₂ O ₃	23,88	25,71	26,82	25,52	27,98	25,05	27,36	26,29	26,09	28,29	28,67
Cr ₂ O ₃	39,16	37,38	36,79	37,42	35,23	38,24	35,61	36,29	35,97	35,64	35,00
FeO	28,86	28,57	27,30	27,90	26,53	28,26	27,22	27,01	26,92	26,58	25,87
MnO	0,31	0,26	0,30	0,27	0,28	0,31	0,24	0,28	0,31	0,27	0,22
MgO	6,78	7,23	7,76	8,20	8,66	7,04	8,71	8,80	8,21	8,87	9,04
NiO	0,04	0,04	0,04	0,07	0,05	0,04	0,09	0,11	0,07	0,07	0,07
Tổng	99,49	99,59	99,37	99,96	98,96	99,27	99,65	99,15	97,95	99,98	99,21
Mg#	0,32	0,34	0,36	0,38	0,40	0,33	0,40	0,41	0,39	0,41	0,42
Cr#	0,52	0,49	0,48	0,50	0,46	0,51	0,47	0,48	0,48	0,46	0,45
YFe ³⁺	0,05	0,05	0,04	0,05	0,05	0,04	0,05	0,06	0,05	0,05	0,04

JEOL JXA 8900R tại Trường Đại học Khoa học Okayama, Nhật Bản. Một số kết quả phân tích thành phần khoáng vật pyroxen và Cr - spinel được thể hiện ở các Bảng 1, 2.

Khoáng vật pyroxen xiên trong mẫu nghiên cứu có hàm lượng SiO₂ thay đổi từ 51,2÷52,5 %, hàm lượng Al₂O₃, TiO₂ gần như tương đồng giữa các điểm phân tích, theo thứ tự là 3,2÷3,5 % và 0,70÷0,82 %. Tỷ số Mg# = 100*Mg/ (Fe²⁺+Mg) thay đổi từ 72÷80, En = 100*Mg/ (Mg+Ca+Fe²⁺) từ 40÷43, Fs = 100*Fe²⁺/ (Mg+Ca+Fe²⁺) từ 11÷15, Wo = 100*Ca/ (Mg+Ca+Fe²⁺) biến đổi từ 41÷46, điển hình cho nhóm khoáng vật augit (Bảng 1). Khoáng vật Cr - spinel có hàm lượng Al₂O₃, FeO và Cr₂O₃ khá cao theo thứ tự 23,8÷28,7 %; 25,8÷28,8 % và 34,9÷39,2% trong khi hàm lượng MgO và TiO₂ thấp, theo thứ tự lần lượt là 6,8÷9,0 % và 0,23÷0,58 %. Giá trị Cr# = 100* (Cr/ (Cr + Al)) thay đổi từ 45÷52 và Mg# = 100* (Mg/ (Fe²⁺ + Mg)) thay đổi từ 32÷42, và YFe³⁺# = 100* (Fe³⁺/ (Fe³⁺ + Cr + Al)) là 4,0÷6,0 (Bảng 2).

4. Thảo luận

4.1. Điều kiện địa động lực hình thành đá metagabbro

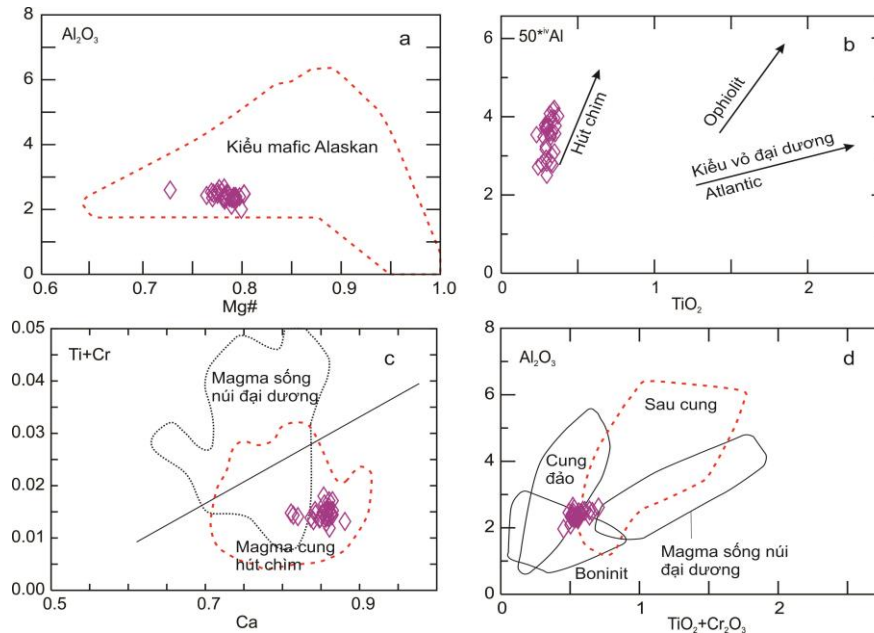
Nghiên cứu thạch học cho thấy, trong tất cả các mẫu nghiên cứu có sự xuất hiện của hornblen và biotit cùng các khoáng vật tạo đá khác. Ranh giới giữa hornblen và biotit với các khoáng vật khác sắc nét chứng tỏ chúng là các khoáng vật được kết tinh cùng giai đoạn. Sự có mặt của các khoáng vật giàu chất bốc trong đá là minh chứng cho thấy dung thể magma tạo đá metagabbro giàu chất bốc, thông

thường liên quan đến hoạt động hút chìm (cung magma, sau cung và trước cung) hơn là kiểu magma liên quan đến sống núi giữa đại dương (MOR) hay magma nội mảng (Himmelberg và Loney, 1980, 1995; Ngô, X. T. và nnk., 2014). Hơn nữa, các khoáng vật pyroxen xiên có hàm lượng Wo cao (40÷ -43) và Cr₂O₃ (< 0,23%) điển hình cho khoáng vật pyroxen hình thành liên quan đến đá xâm nhập kết tinh từ dung thể giàu chất bốc kiểu cung (Sisson và Grove, 1993). Nghiên cứu của Loucks (1990) và Himmelberg và Loney (1995) đã cho thấy hàm lượng Al₂O₃, Cr₂O₃ và TiO₂ của pyroxen xiên có thể sử dụng để đánh giá bản chất kiến tạo của đá liên quan. Pyroxen xiên trong đá gabro vùng nghiên cứu có hàm lượng Al₂O₃ và Mg# tương đồng với kiểu - Alaska (kiểu magma liên quan đến cung hút chìm bao gồm sau cung, cung thực sự (Garson và Krs, 1976)). Hàm lượng TiO₂ biến đổi rất nhỏ trong khi 50*Aliv biến đổi từ 2,4÷6,6; tương quan giữa TiO₂ với 50*Aliv phân bố theo xu hướng tương đồng với kiểu pyroxen hình thành liên quan đến magma thành tạo liên quan đến kiểu cung magma, khác biệt với kiểu SZZ hay MOR (Hình 2b). Hơn nữa, thành phần Ti+Cr trong khoáng vật pyroxen xiên vùng nghiên cứu tương đối thấp (0,01÷0,017) trong khi thành phần Ca khá cao (0,82÷0,89) cũng là minh chứng cho thấy các đá nghiên cứu thuộc kiểu cung magma trong đới hút chìm (Hình 2c). Hàm lượng Al₂O₃ và (TiO₂+Cr₂O₃) thấp trong các khoáng vật pyroxen khá tương đồng với kiểu magma liên quan đến cung đảo (Hình 2d, Hawkins và Allan, 1994).

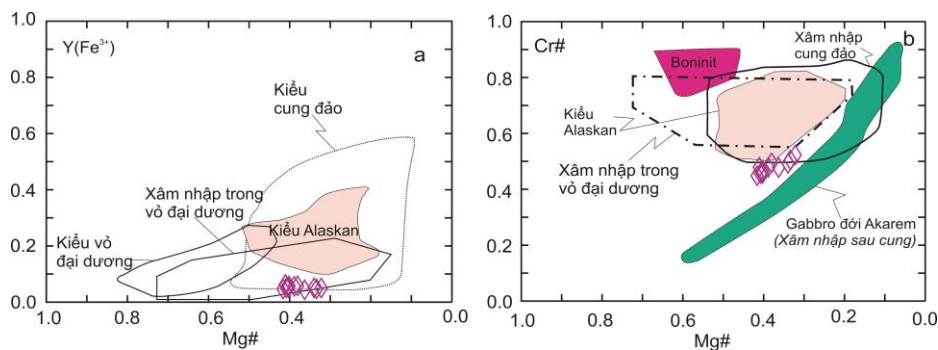
Nghiên cứu thành phần khoáng vật Cr - spinel trong các đá metagabbro cũng cho thấy những đặc điểm phản ánh nguồn gốc liên quan đến cung

magma đá magma. Cr - spinel là khoáng vật kết tinh sớm và rất hiếm gặp trong các sản phẩm liên quan đến quá trình phân dị ở giai đoạn magma muộn. Nghiên cứu đặc điểm khoáng vật Cr - spinel trong các đá magma cho thấy chúng phản ánh bản chất kiến tạo của các thành tạo magma và gần như không bị tác động bởi các quá trình hỗn nhiễm hay phân dị (Arai, 1994). Tuy nhiên, quá trình biến chất có thể làm thay đổi thành phần Cr - spinel. Kết quả tính toán công thức hóa học tinh thể Cr - spinel cho thấy các kết quả phân tích có chất lượng tốt, đồng

thời hàm lượng MnO thấp trong các kết quả phân tích điển hình cho thành phần Cr - spinel nguyên thủy, không bị tác động bởi các quá trình địa chất hậu magma (Bảng 2). Hàm lượng TiO_2 trong Cr - spinel thường cao trong magma nội mảng (> 1%), tuy nhiên chúng thường có giá trị trung bình trong magma liên quan đến hút chìm và vỏ đại dương. Thành phần khoáng vật Cr - spinel trong nghiên cứu này đều có hàm lượng TiO_2 thấp ($0,23 \pm 0,58\%$) cho thấy magma không điển hình kiểu nội mảng (Kamenetsky và nnk., 2001). Chỉ số Cr# trong các



Hình 2. Các biểu đồ tương quan thành phần khoáng vật pyroxen xen đối sánh với các điều kiện kiến tạo khác nhau. (a) biểu đồ tương quan $Mg\#$ với Al_2O_3 phân chia trường magma kiểu Alaskan với loại khác (Garson và Krs, 1976); (b) biểu đồ đối sánh tương quan TiO_2 và Al thể hiện xu hướng biến thiên liên quan đến kiểu magma (arc-trend) ophiolit (SSZ) và sống núi giữa đại dương kiểu Atlantic; (c) biểu đồ tương quan Ca và tổng Cr + Ti; và (d) $(TiO_2 + Cr_2O_3)$ với Al_2O_3 phân chia điều kiện kiến tạo magma liên quan. (Các kiểu kiến tạo theo Loucks, 1990; Van der Laan và nnk., 1992).



Hình 3. Thành phần khoáng vật Cr-spinel các đá nghiên cứu đối sánh với các điều kiện kiến tạo magma khác nhau. (a) $Y_{Fe^{3+}}$ ($Fe^{3+} / (Al+Cr+Fe^{3+})$) với $Mg\#$; và (b) Cr# với $Mg\#$ của Cr-spinel nghiên cứu. Các trường kiến tạo theo Barnes và Roeder, 2001; Irvine, 1967, 1974; Batanova và nnk., 2005; Himmelberg và Loney, 1995; Helmy và El Mahallawi, 2003.

khoáng vật Cr - spinel trung bình đến khá cao (41÷52) trong khi chỉ số Mg# khá thấp (32÷45) đồng thời YFe³⁺ thấp điển hình cho magma liên quan đến kiểu cung đảo (các Hình 3a, b).

4.2. Ý nghĩa kiến tạo khu vực

Các thành tạo mafic, siêu mafic trong TKSZ đã được cho là những thể ophiolit thuộc thạch quyển đại dương cổ hình thành trong giai đoạn Ocdovic - Silua liên quan đến quá trình hút chìm giữa khối Trường Sơn và Kon Tum (Trần, V.T. và Vũ, K., 2009). Nghiên cứu các khoáng vật sót trong các thể serpentinit đới TPSZ, Phạm, T.D. và nnk. (2006) và Izokh và nnk. (2006) cho rằng chúng là những thành tạo di sót của thạch quyển đại dương cổ (MOR). Nghiên cứu thành phần địa hóa, đồng vị và tuổi zircon trong các đá plagiogranit thuộc phức hệ Điện Biên khu vực Tam Kỳ (Đông Bắc đới khâu TPSZ), Nguyễn, M. Q. và nnk. (2019) cho rằng các đá này thuộc tổ hợp magma hình thành liên quan đến cung đảo giai đoạn Cambri (502÷518 tr.n.). Bùi, V.H. và nnk. (2019) trong báo cáo tại Hội nghị ERSD đã đề cập tuổi 499,25 tr.n. của các đá gabbro - plagiogranit khu vực Hiệp Đức và nhận định rằng chúng là những thành tạo magma thuộc giai đoạn cung đảo tương đồng với loạt plagiogranit khu vực Tam Kỳ.

Trong nghiên cứu này, đặc điểm thạch học và thành phần khoáng vật pyroxen xiên và Cr - spinel cho thấy các đá metagabbro trong TPSZ tương đồng với kiểu magma hình thành liên quan đến hoạt động hút chìm kiểu cung đảo. Kết quả này tương đồng về kiến tạo của các đá nghiên cứu với loạt plagiogranit được Nguyễn, M.Q. và nnk. (2019) đưa ra cho phức hệ Điện Biên xuất hiện gần khu vực các đá được phân tích, thảo luận trong nghiên cứu này (Hình 1b). Kết quả nghiên cứu này cùng với các nghiên cứu trước đây có thể xác nhận sự tồn tại loạt magma giai đoạn Cambri giữa - muộn kiểu cung đảo phần phía bắc và đông bắc TPSZ. Loạt magma diorit và rhyolit kiểu cung đảo cũng đã được đưa ra cho các đá khu vực Đông Bắc Lào giai đoạn 470÷476 tr.n. Gardner và nnk. (2017). Sự phát hiện magma kiểu cung đảo nằm về phía đông bắc TPO và đông bắc Lào là cơ sở cho nhận định hoạt động hút chìm về phía bắc (hiện tại) dưới khối Trường Sơn giai đoạn Cambri muộn - Ocdovic sớm (Gardner và nnk., 2017; Nguyễn, M.Q. và nnk., 2019; Trần, V.T. và nnk., 2020). Các nghiên cứu về tuổi và các thành tạo địa tầng, magma Paleozoi sớm

cũng đã được đưa ra trên địa khối Trường Sơn để minh chứng cho hoạt động hút chìm dưới địa khối Trường Sơn trong Paleozoi sớm (Trần, V.T. và nnk., 2020). Tuy nhiên, các đá Paleozoi sớm trên khối Trường Sơn hiện nay chưa được nghiên cứu cụ thể về đặc điểm thạch luận của chúng để đánh giá điều kiện hình thành.

Nghiên cứu tuổi, thành phần nguyên tố hiếm trên khoáng vật zircon trong các đá granodiorit và diorit khu vực Trà My và Phước Sơn, Ngô, X.T. và nnk. (2020) cho rằng chúng thuộc kiểu magma cung lục địa giai đoạn khoảng 447,4 tr.n. (không thuộc kiểu magma ophiolit). Loạt magma kiểu cung lục địa cũng đã được đề cập đến loạt magma của phức hệ Trà Bồng (tuổi khoảng 450 tr.n.) trên địa khối Kon Tum (Trần, V.T và Vũ, K., 2009). Trong nghiên cứu của Wang và nnk. (2020) cho rằng toàn bộ các thành tạo magma Cambri muộn - Ocdovic sớm rìa bắc địa khối Kon Tum và nam Lào thể hiện một pha hút chìm dưới lục địa Kum Tum. Nghiên cứu về cấu tạo rìa bắc địa khối Kon Tum, Trần, T.H. và nnk. (2014) cũng đã nhận định hút chìm của địa khối Trường Sơn dưới địa khối Kon Tum trong giai đoạn Paleozoi sớm. Các bằng chứng trên cho thấy sự tồn tại của các thành tạo magma kiểu cung lục địa do hút chìm dưới địa khối Kon Tum trong Paleozoi sớm.

Như vậy, cho đến nay các kết quả nghiên cứu trong tổ hợp TPO cho thấy tổ hợp này rất phức tạp, đồng thời tồn tại kiểu magma cung đảo (Cambri muộn - Ocdovic sớm), cung lục địa (Ocdovic muộn) và tổ hợp peridotit kiểu MOR (ophiolite). Mặc dù được nhận định các thành tạo magma trong TPSZ thuộc tổ hợp ophiolit, tuy nhiên cho đến nay ngoại trừ kết quả nhận định dựa trên số liệu địa hóa khoáng vật sót trong các đá peridotit (Phạm Thị Dung và nnk., 2006; Izokh và nnk., 2006), các nghiên cứu về địa hóa magma gần đây chưa phát hiện chỉ dấu magma kiểu ophiolit (kiểu sống núi giữa đại dương, trước cung và sau cung) trong đới này. Hơn nữa, quan hệ hình thành và điều kiện kiến tạo của các tổ hợp đá trong đới TPSZ hiện nay chưa rõ ràng và cần những nghiên cứu để làm sáng tỏ.

5. Kết luận

Các kết quả nghiên cứu về thạch học, địa hóa khoáng vật pyroxen xiên và Cr - spinel từ các đá metagabbro chứa hornblend và biotit khu vực tây bắc Thành phố Tam Kỳ trong TPO, có thể đưa ra một số kết luận sau:

- Các thành tạo gabbro phức hệ Núi Ngọc bị biến dạng và phân bố trong các vị trí hiện tại liên quan đến hoạt động đứt trượt dọc đới TPSZ trong giai đoạn va chạm giữa địa khối Trường Sơn và Kon Tum.

- Thành phần thạch học của các đá này gồm pyroxen xiên, pyroxen thoi, plagioclas, olivin, hornblend, biotit và Cr - spinel hạt nhỏ. Các khoáng vật bị biến chất yếu và biến dạng khá mạnh.

- Thành phần khoáng vật pyroxen xiên và Cr - spinel trong các đá cho thấy chúng tương đồng với kiểu pyroxen, Cr - spinel hình thành liên quan đến magma cung đảo.

Các kết quả nghiên cứu cho thấy các đá phức hệ Núi Ngọc và Điện Biên phía đông bắc đới TPSZ thuộc kiểu cung đảo hình thành trong giai đoạn Paleozoi sớm ở rìa bắc địa khối Kon Tum.

Lời cảm ơn

Nhóm tác giả trân trọng cảm ơn GS. Tomoaki Morishita và các cộng sự trường Đại học Kanazawa (Nhật Bản), đã hỗ trợ các phân tích EPMA. Nghiên cứu này được tài trợ bởi Bộ Giáo dục và Đào tạo trong đề tài mã số B2019-MDA-562-14.

Đóng góp của các tác giả

Ngô Xuân Thành - Tham gia thực địa, phân tích mẫu, tổng hợp số liệu đã xử lý, lên ý tưởng và viết bài; Nguyễn Khắc Du - Tính toán xử lý số liệu, tham gia thảo luận ý tưởng và sửa bài; Vũ Anh Đạo - Tính toán xử lý số liệu, tham gia thảo luận ý tưởng, rà soát bài; Phạm Thị Chi, Nguyễn Thị Hồng Hạnh - Phân tích thạch học và tham gia ý kiến về nội dung bài báo; Phạm Ngọc Dũng - Tham gia công tác thực địa thu thập mẫu.

Tài liệu tham khảo

Arai, S. (1994). Characterization of spinel peridotites by olivine - spinel compositional relationships: review and interpretation. *Chem. Geol.*, 113, 191 - 204.

Barnes, S. J., Roeder, P. L. (2001). The range of spinel compositions in terrestrial mafic and ultramafic rocks. *Journal of Petrology*, 42, 2279 - 2302.

Batanova, V. C., Pertsev, A. N., Kamenetsky, V. S., Ariskin, A. A., Mochalov, A. G., Sobolev, A. V. (2005). Crustal evolution of island - arc

ultramafic magma: Galmoenan pyroxenite - dunite plutonic complex, Koryak, Highland (Far East Russia). *Journal of Petrology* 46, 1345 - 1366.

Bùi Vinh Hậu, Trần Thanh Hải, Ngô Xuân Thành. (2020). Tuổi đồng vị U - Pbcuar các đá plagiogranit phức hệ Điện Biên và ý nghĩa địa chất của chúng. *Hội nghị Toàn quốc ERSĐ 2020*, 16.

Coleman, R. G. (1977) Ophiolites: Ancient Oceanic Lithosphere?. *Springer Verlag*, 229 pp.

Dick, H. J. B., Bullen, T. (1984). Chromian spinel as a petrogenetic indicator in abyssal and alpine - type peridotites and spatially associated lavas. *Contr. Mineral. and Petrol.*, 86, 54 - 76. <https://doi.org/10.1007/BF00373711>

Dilek, Y., (2003). Ophiolite concept and its evolution. In Dilek, Y.; Newcomb, S. (eds.). *Ophiolite concept and the evolution of geological thought*. Special Paper 373. Geological Society of America, 1 - 16. ISBN 978 - 0813723730. Retrieved 30 December 2014.

Gass, I. G. (1968). Is the Troodos massif of Cyprus a fragment of Mesozoic ocean floor?. *Nature*, 220, 39 - 42

Garson, M. S., Krs, M. (1976). Geophysical and geological evidence of the relationship of Red Sea transverse tectonics to ancient fractures. *Geological Society of America Bulletin*, 87, 169 - 181.

Gardner, C. J., Graham, C. J., Belousova, I. T., Booth, E., G. W., Greig, A. (2017). Evidence for Ordovician subduction - related magmatism in the TruongSon terrane, SE Laos: Implications for Gondwana evolution and porphyryCu exploration potential in SE Asia. *Gondwana Research*, 44, 139 - 156.

Hawkins, J. W., Allan, J. F. (1994). Petrologic evolution of Lau Basin sites 834 through 839. In: Hawkins, J. W., Parson, L. M., Allan, J.F., et al. (Eds.), *Proceedings of the Ocean Drilling Program*. Scientific Results. College Station, Texas, 427 - 470.

Helmy, H. M., El Mahallawi, M. M., (2003). Gabbro Akarem mafic - ultramafic complex, Eastern

- Desert, Egypt: a Late Precambrian analogue of Alaskan - type complexes. *Mineralogy and Petrology*, 77, 85 - 108.
- Himmelberg, G. R., Loney, R. A. (1980). Petrology of ultramafic and gabbroic rocks of the Canyon Mountain ophiolite, Oregon. *Am. J. Sci.*, 280(A), 232 - 268.
- Himmelberg, G. R., Loney, R. A. (1995). *Characteristics and Petrogenesis of Alaskan - type Ultramafic - Mafic Intrusions, Southeastern Alaska*. US Geological Survey Professional Paper 1564, 47 p.
- Irvine, T. N. (1967). Chromian spinel as a petrogenetic indicator. Part II. Petrogenetic applications. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 4, 72 - 103.
- Irvine, T. N. (1974). Petrology of the Duke Island ultramafic complex, southeastern Alaska. *Geological Society of America Memoir*, 138, 240.
- Izokh, A. E., Tran, T. H., Ngo, T. P., Tran, Q. H. (2006). Ophiolite ultramafic - mafic associations in the northern structure of the Kon Tum block (central Vietnam). *Journal of Geology*, 28, 20 - 26 (Department of Geology and Minerals of Vietnam).
- Kamenetsky, V. S., Crawford, A. J., Meffre, S. (2001). Factors controlling chemistry of magmatic spinel: an empirical study of associated olivine, Cr - spinel and melt inclusions from primitive rocks. *Journal of Petrology*, 42, 655 - 671.
- Khedr, M. Z., Arai, S. (2017). Peridotite - chromitite complexes in the Eastern Desert of Egypt: Insight into Neoproterozoic sub - arc mantle processes. *Gondwana Research*, 52, 59 - 79.
- Loucks, R. R. (1990). Discrimination of ophiolitic from nonophiolitic ultramafic - mafic allochthons in orogenic belts by the Al/Ti ratio in clinopyroxene. *Geology*, 18, 346 - 349.
- (NE Indian Ocean): island - arc high alumina basalts produced by troctolite contamination. *J. Volcanol. Geoth. Res.*, 149, 177 - 212.
- Nakano, N., Osanai, Y., Owada, M. (2007a). Multiplase breakdown and chemical equilibrium of silicic clinopyroxene under extreme metamorphic conditions in the Kontum Massif, central Vietnam. *Am. Mineral.*, 92, 1844 - 1855.
- Nakano, N., Osanai, Y., Owada, M., Tran, N. N., Toyoshima, T., Pham, B., P., Tsunogae, T., Kagami, H. (2007b). Geologic and metamorphic evolution of the basement complexes in the Kontum Massif, central Vietnam. *Gondwana Res.*, 12, 438 - 453.
- Nguyễn Văn Trang (chủ biên), (1997). *Bản đồ địa chất và khoáng sản từ Quảng Ngãi, D - 49 - VII và D - 49 - VIII*. Tổng cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam xuất bản.
- Nguyễn, Minh Quyền, Feng, Q., Wei Zi, J., Zhao, T., Tran, T. H., Ngo, X. T., Tran, M. D., Nguyen, Q. H., Nguyen, Q. H. (2019). Cambrian intra - oceanic arc trondhjemite and tonalite in the Tam Kỳ - Phước Sơn Suture Zone, central Vietnam: Implications for the early Paleozoic assembly of the Indochina Block. *Gondwana Research*, 70, 151 - 170.
- Nguyễn Quốc Hưng, Ngô Xuân Thành, Ngô Thị Kim Chi, Khương Thế Hùng. (2020). Tuổi U - Pb và thành phần địa hoa zircon của đá granitoid khu vực Phước Thanh, Quảng Nam: Ý nghĩa kiến tạo và sinh khoáng Cu - Au. *Hội nghị toàn quốc khoa học Trái đất và tài nguyên với phát triển bền vững, (ERSD 2020) - Tiểu ban Địa chất khu vực*. 83 - 88.
- Ngô Xuân Thành, Trần Thanh Hải, Nguyễn Hoàng, Vũ Quang Lâm, Sanghoon Kwon, Tetsumaru Itaya, M. Santosh. (2014). Backarc mafic - ultramafic magmatism in Northeastern Vietnam and its regional tectonic significance. *Journal of Asian Earth Sciences*, 90(2014), 45 - 60.
- Ngô Xuân Thành, Bùi Vinh Hậu, Nguyễn Minh Quyền, Trần Thanh Hải, Khương Thế Hùng, Vũ Anh Đạo, Nguyễn Quốc Hưng, (2020). Bản chất kiến tạo và tuổi các thành tạo amphibolite phía nam tổ hợp ophiolite Tam Kỳ - Phước Sơn. *Hội nghị toàn quốc khoa học Trái đất và tài nguyên với phát triển bền vững, (ERSD 2020) - Tiểu ban Địa chất khu vực*. 108 - 111.
- Ngô Xuân Thành, Bùi Vinh Hậu, Trần Thanh Hải, Phan Văn Bình, Đặng Văn Bát, Vũ Anh Đạo. (2021). Tuổi U - Pb và thành phần zircon của các đá granodiorit khu vực mỏ vàng G18 Quảng

- Nam và ý nghĩa kiến tạo. *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất*, 62(2), 1 - 9
- Osanai, Y., Nakano, N., Owada, M., Tran, N. N., Toyoshima, T., Tsunogae, T., Pham, B., (2004). Permo - Triassic ultrahigh - temperature metamorphism in the Kontum Massif, central Vietnam. *J. Mineral. Petrol. Sci.*, 99 (4), 225 - 241.
- Sisson, T. W., Grove, T. L., (1993). Experimental investigations of the role of H₂O in calc - alkaline differentiation and subduction zone magmatism. *Contrib. Miner. Petrol.*, 113, 143 - 166.
- Stern, R. J. (2004). Subduction initiation: spontaneous and induced. *Earth and Planetary Science Letters*, 226(3 - 4), 275 - 292
- Spandler, C. J., Arculus, R. J., Eggins, S. M., Mavrogenes, J. A., Price, R. C., Reay, A. J. (2003). Petrogenesis of the Greenhills Complex, Southland, New Zealand: magmatic differentiation and cumulates formation at the roots of a Permian island - arc volcano. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 144, 703 - 721.
- Trần Văn Trị và Vũ Khúc (chủ biên.), (2009). *Địa chất và Tài nguyên Việt Nam*. Nhà xuất bản Khoa học và Công nghệ, (645 tr.).
- Trần Thanh Hải, Zaw, K., Halpin, J. A., Manaka, T., Meffre, S., Lai, C. K., Lee, Y., Le, H. V., Dinh, S. (2014). The Tam Ky - Phuoc Son shear zone in Central Vietnam: tectonic and metallogenic implications. *Gondwana Research*, 26(1), 144 - 164.
- Trần Văn Trị, Faure, M., Nguyen, V. V., Bui, H. H., Fyhn, M. B. W., Nguyen, T. Q., Lepvrier, C., Thomsen, T. B., Tani, K., Charusiri, P. (2020). Neoproterozoic to Early Triassic tectono - stratigraphic evolution of Indochina and adjacent areas: A review with new data. *Journal of Asian Earth Sciences*, 191, 104231. <https://doi.org/10.1016/j.jseas.2020.104231>
- Usuki, T., Lan, C. Y., Yui, T. F., Iizuka, Y., Vu, T. V., Tran, T. A., Okamoto, K., Wooden, J. L., Liou, J. G. (2009). Early Paleozoic medium - pressure metamorphism in central Vietnam: evidence from SHRIMP U - Pb zircon ages. *Geosci. J.*, 13(3), 245 - 256.
- Van der Laan, S. R., Arculus, R. J., Pearce, J. A., Murton, B. J. (1992). Petrography, mineral chemistry, and phase relations of the basement boninite series of site 786, Izu - Bonin forearc. In: Fryer, P., Pearce, J. A., Stokking, L.B., et al. (Eds.), *Proceedings of the Ocean Drilling Program*, 125. Scientific Results, College Station, TX, pp. 171 - 201.