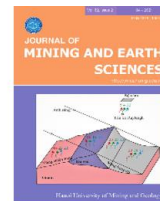




Journal of Mining and Earth Sciences

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



U - Pb geochronology and composition of zircon mineral from granodiorite in the G18 Gold mine, Quang Nam and its significance in regional tectonics



Thanh Xuan Ngo ^{1,*}, Hau Vinh Bui ¹, Hai Thanh Tran ¹, Binh Van Phan ¹, Bat Van Dang ¹, Dao Anh Vu ^{1,2}

¹ Faculty of Geosciences and Geoengineering, Hanoi University of Mining and Geology, Vietnam

² Graduate Institute of Geophysics, National Central University, Taiwan

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article history:

Received 17th Jan. 2021

Accepted 03rd Mar. 2021

Available online 30th Apr. 2021

Key words:

Continental arc,
Indochina block,
Kon Tum,
Tam Ky - Phuoc Son,
Viet Nam.

The Tam Ky - Phuoc Son suture zone (TPSZ) is located in central Indochina and is referred to as a amalgamation site between the Truong Son and Kon Tum terranes during the early Paleozoic. The amphibolite and ultramafic rocks within the region were considered as a part of the Tam Ky - Phuoc Son ophiolitic complex. In this study, the authors present results of the U - Pb dating and trace element composition of the zircon grains derived from a granodioritic sample collected in the G18 gold mine in Quang Nam province in order to clarify the timing of magma emplacement and tectonic setting. The U - Pb dating data indicates that the granodioritic rocks formed at $447,4 \pm 2,9$ Ma while the U/Yb ratio is ~ 1 (average: 1.32) and the Sc/Yb ratio is ~ 1.04 , high Hf content (Average Hf: 10937 ppm) and low Yb content (Average Yb: 308 ppm). These geochemical values are comparable with the zircon, which is formed in the continental magmatic arc. Combination with the pre - existing data allowed us to confirm the existence of two contrast magma members in the North Kontum massif: The Middle Cambrian island arc complex and the Middle Ordovician continental complex.

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

*Corresponding author

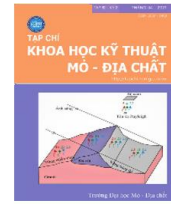
E - mail: ngoxuanthanh@humg.edu.vn

DOI: 10.46326/JMES.2021.62(2).01



Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất

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



Tuổi U - Pb và thành phần zircon của các đá granodiorit khu vực mỏ vàng G18 Quảng Nam và ý nghĩa kiến tạo

Ngô Xuân Thành ^{1,*}, Bùi Vinh Hậu ¹, Trần Thanh Hải ¹, Phan Văn Bình ¹, Đặng Văn Bát ¹, Vũ Anh Đạo ^{1,2}

¹ Khoa Khoa học và Kỹ thuật địa chất, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Việt Nam

² Graduate Institute of Geophysics, National Central University, Taiwan

THÔNG TIN BÀI BÁO

Quá trình:

Nhận bài 17/01/2021
Chấp nhận 03/03/2021
Đăng online 30/04/2021

Từ khóa:

Cung lục địa,
Địa khối Đông Dương,
Kon Tum,
Tam Kỳ - Phước Sơn,
Việt Nam.

TÓM TẮT

Đới khâu Tam Kỳ - Phước Sơn (TPSZ) nằm ở trung tâm của khối Đông Dương được coi là ranh giới giữa hai địa khối Trường Sơn và Kon Tum trong giai đoạn Paleozoi sớm. Các đá amphibolit và siêu mafic trong khu vực được coi là thuộc tổ hợp ophiolit Tam Kỳ - Phước Sơn (TPO). Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả trình bày các kết quả phân tích tuổi đồng vị U - Pb và thành phần các nguyên tố vết của khoáng vật zircon tách từ các đá granodiorit lấy tại moong khai thác mỏ vàng G18 khu vực Phước Sơn, để xác định tuổi thành tạo và bản chất kiến tạo của chúng. Phân tích đồng vị U - Pb xác định tuổi thành tạo của đá granodiorite thành tạo khoảng $447,4 \pm 2,9$ tr.n trước đây. Thành phần vi lượng các khoáng vật zircon cho thấy chúng có có tỉ lệ U/Yb-1 (TB: 1,32) và Sc/Yb- 1,04, hàm lượng Hf (TB: 10937 ppm), Yb (TB: 308 ppm) thấp tương đồng với kiểu zircon liên quan đến các đá magma hình thành từ các cung lục địa. Kết hợp với kết quả nghiên cứu trước cho phép nhóm tác giả kết luận rằng ít nhất một bộ phận đá magma trong TPO thuộc kiểu magma hình thành liên quan đến cung magma lục địa.

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

1. Mở đầu

Đới khâu Tam Kỳ - Phước Sơn (TPSZ) nằm ở rìa bắc địa khối Kon Tum (Trần Văn Trị và Vũ Khúc, 2009) và được xem là đới khớp nối giữa địa khối Trường Sơn và Kon Tum trong Paleozoi sớm (Lepvrier và nnk., 2008). Mặc dù tổ hợp ophiolit Tam Kỳ - Phước Sơn (TPO) được xem có liên quan đến pha kiến tạo Paleozoi sớm ở trung tâm Đông

Dương nhưng bối cảnh kiến tạo của các đá trong tổ hợp này chưa được nghiên cứu kỹ lưỡng. Dựa trên thành phần của khoáng vật còn sót lại của đá biến chất peridotit trượt dọc TPSZ, Phạm và nnk. (2006) và Izokh và nnk. (2006) cho rằng đây là một tổ hợp ophiolit kiểu sống núi giữa đại dương. Nguyễn và nnk. (2019) đã mô tả thạch học của phức hệ Khâm Đức, Hiệp Đức và đã cho rằng tổ hợp đá TPO mang các đặc trưng của một phức hệ trước cung. Zircon là một trong những khoáng vật phụ được ứng dụng rộng rãi trong việc xác định tuổi, nguồn gốc, tiến hóa magma và giải đoán sự phát triển vỏ và manti của trái đất.

*Tác giả liên hệ

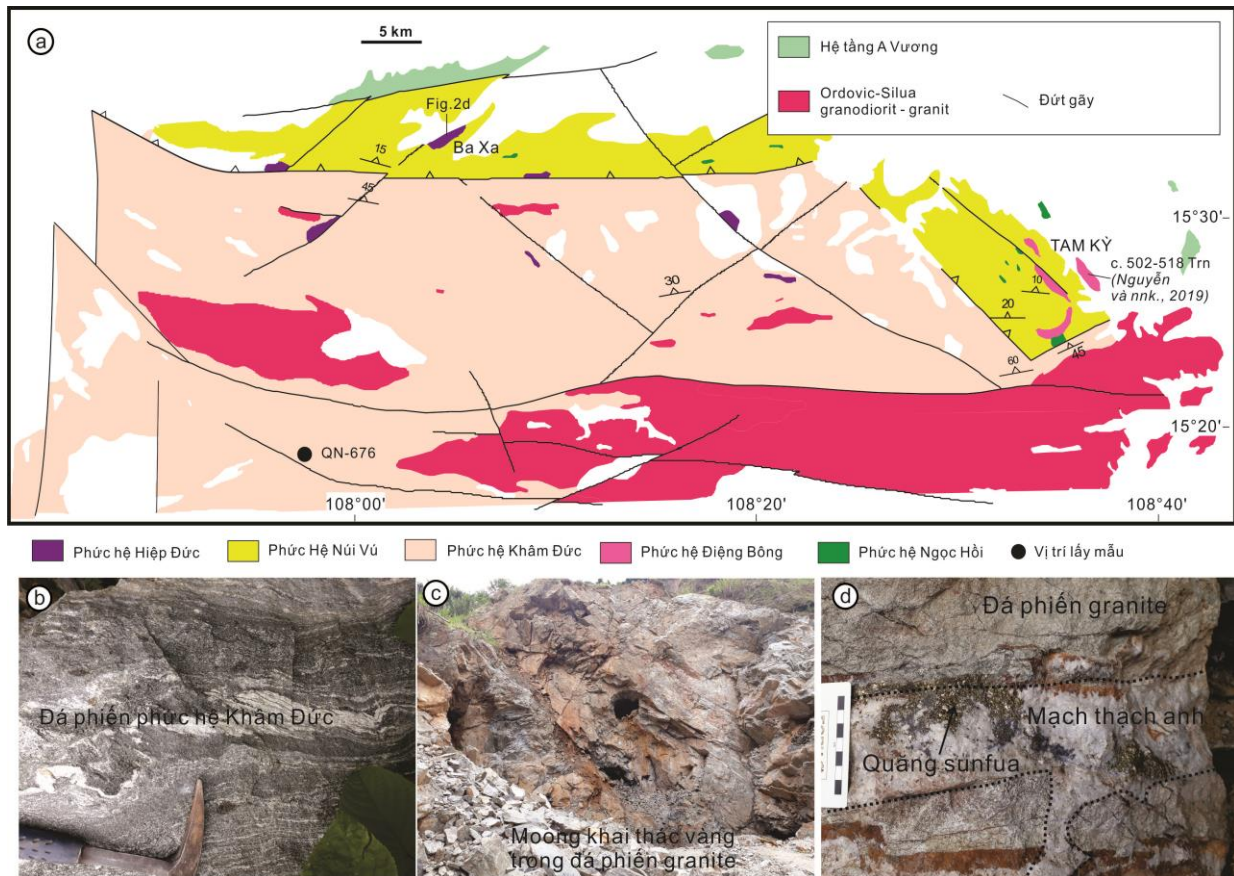
E - mail: ngoxuanthanh@humg.edu.vn
DOI: 10.46326/JMES.2021.62(2).01

Trong những năm gần đây, nghiên cứu định tuổi và thành phần khoáng vật zircon được sử dụng rộng rãi trong nghiên cứu địa chất. Với đặc trưng là khoáng vật hình thành ở nhiệt độ cao, bền vững trong các điều kiện biến chất và có mức độ tập trung cao nguyên tố phóng xạ U và các nguyên tố đất hiếm (REE), đặc biệt là đất hiếm nặng (HREE) trong quá trình kết tinh có khả năng ghi nhận nhiều quá trình địa chất khác nhau. Các nghiên cứu về mức độ phong phú U - Pb và REE đã tập trung vào làm rõ mối liên hệ giữa quá trình tiến hóa nhiệt của thạch quyển trái đất (Hoskin và Schaltegger, 2003; Harley và nnk., 2007). Hơn nữa, sử dụng số liệu địa hóa khoáng vật zircon đem lại một công cụ nhạy với thành phần magma mẹ, tuổi gắn kết, đồng vị và thông tin của yếu tố tạo nên các đơn tinh thể, từ đó đưa ra sự tiếp cận mạnh mẽ để khám phá quá trình tiến hóa kiến tạo khu vực (Barth và nnk., 2013; Grimes và nnk., 2007, 2015).

Trong nghiên cứu này, các kết quả phân tích tuổi U - Pb và thành phần địa hóa nguyên tố vết của zircon và đá granodiorit thu thập tại moong khai thác vàng mỏ G18 Quảng Nam để thảo luận về giai đoạn và điều kiện kiến tạo hình thành chúng (Hình 1a).

2. Đặc điểm địa chất vùng

Tổ hợp TPO phân bố ở phần rìa bắc địa khối Kon Tum, bao gồm 5 phức hệ địa chất: Khâm Đức, Hiệp Đức, Núi Vú, Ngọc Hồi và Điện Bông (Trần Văn Trị và Vũ Khúc, 2009). Phức hệ Khâm Đức được cấu thành bởi các đá metapelite, metapsammit, paragneiss và đá amphibolit tương phiến lục đến tương amphibol. Đường tiến hóa biến chất P - T thuận chiều kim đồng hồ với đỉnh biến chất ở 570÷700°C và 7,9÷8,6 kbar (Nakano và nnk., 2007a, b; Osanai và nnk., 2001, 2004). Usuki và nnk. (2009) đưa ra giả thuyết về quá trình tiến hóa biến chất của phức hệ Khâm Đức.



Hình 1. (a) Sơ đồ địa chất giản lược đới TPSZ thể hiện sự phân bố của các phức hệ magma Paleozoi sớm, vị trí mẫu lấy nghiên cứu được thể hiện; (b) ảnh chụp cấu tạo phiến biến dạng dẻo kiểu liên quan đến đới trượt lớn trong đá biến chất phức hệ Khâm Đức; (c) ảnh chụp vết lộ tại moong khai thác quặng sunfua trong đá granodiorit; (d) ảnh chụp quan hệ xuyên cắt của mạch thạch anh chứa quặng sunfua trong đá granodiorit.

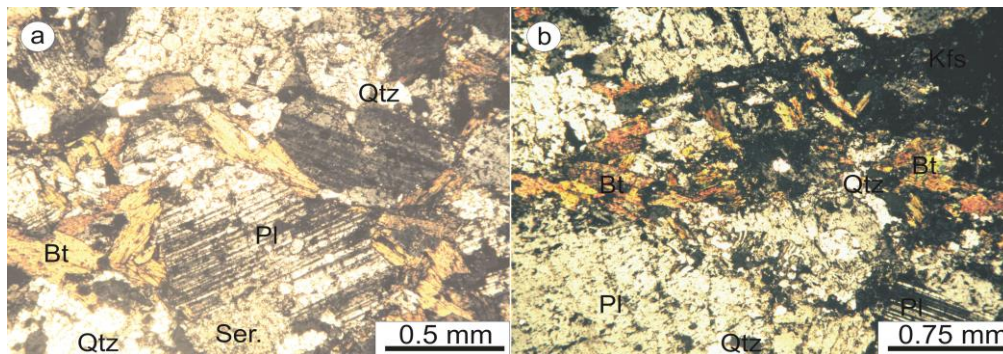
như sau: phức hệ này xảy ra biến chất áp suất cao - nhiệt độ trung bình ở thời điểm Paleozoi sớm (460 tr.n), tiếp theo đó là biến chất nhiệt độ cao - áp suất trung bình ở thời điểm 450 tr.n và cuối cùng bị các sự kiện địa chất Permi - Trias ghi chồng lên. Tuổi thành tạo của các đá phức hệ Khâm Đức được đưa ra là Paleozoi sớm, tuy nhiên cơ sở chưa rõ ràng (Trần Văn Trị và Vũ Khúc, 2009).

Phức hệ Hiệp Đức gồm các đá serpentinit xuất lộ dạng hình ovan trượt dọc theo các đới biến dạng cao trong phức hệ Khâm Đức, các đá siêu mafic này đã được cho là các đặc điểm địa hóa tương tự phức hệ ophiolit kiểu MOR (Phạm và nnk., 2006). Các đá phức hệ Núi Vú, Ngọc Hồi và Điện Biên phần lớn phân bố ở phần phía bắc của TPO. Ngoại trừ phức hệ Núi Vú được thành tạo bởi các đá biến chất phun trào (thành phần từ mafic đến felsic) xen vào giữa các đá cát kết biến chất và các đá metapelit (trầm tích hạt mịn biến chất), các phức hệ khác chủ yếu bao gồm các đá xâm nhập như đá biến chất pyroxenit, gabbro, plagiogranit, tonalit và thường xuất lộ với kích thước nhỏ đến trung bình dạng ovan trượt giữa các thành tạo Núi Vú (Trần Văn Trị và Vũ Khúc, 2009; Nguyễn và nnk., 2019). Các đá plagiogranit Điện Biên ở vùng đông bắc TPSZ có đặc điểm địa hóa được cho là giống với cung đảo, hình thành khoảng 518 tr.n (16VN08 - 09) và 502 tr.n (16VN08 - 08) (Nguyễn và nnk., 2019). Ở phía nam phức hệ Khâm Đức, các phức hệ Ngọc Linh và Ka Nack được cấu thành bởi các đá phiến mylonit pelitic gneiss và mafic granulite (Nakano và nnk., 2007b). Các nghiên cứu tuổi biến chất bằng đồng vị U - Pb của monazit và K - Ar, Ar - Ar của biotite và muscovit từ các đá này nhận thấy có ít nhất 02 pha biến chất đã xảy

ra: (1) pha biến chất Permi - Trias (240÷260 Ma), (Lepvrier và nnk., 2004, 2008; Osanai và nnk., 2004; Maluski và nnk., 2005; Nakano và nnk., 2007b; Bui và nnk., 2020) và (2) pha biến chất Ordovic - Silur (430÷460 tr.n), (Roger và nnk., 2007; Nakano và nnk., 2013; Bui và nnk., 2020). Các đá xâm nhập diorit - granodiorit và plagiogranit Paleozoi sớm phân bố cục bộ ở phía bắc địa khối Kon Tum và được gọi là các phức hệ Trà Bồng, Điện Biên và Chu Lai. Các đá phức hệ Trà Bồng thuộc loại cao kiềm, kiềm vôi được làm giàu các nguyên tố ưa đá (LILEs) và nghèo các nguyên tố trường lực mạnh (HFSEs: Nb, Ta) (Trần Văn Trị và Vũ Khúc, 2009), điều này cũng chứng tỏ nguồn thành tạo của chúng có liên quan đến magma cung (Nagy và nnk., 2001; Trần và nnk., 2014; Shi và nnk., 2015; Gardner và nnk., 2017). Các đá xâm nhập orthogneiss giàu nhôm của các phức hệ Chu Lai và Đại Lộc lộ ra với kích thước và hình dạng khác nhau ở phía bắc địa khối Kon Tum, đây là sản phẩm của quá trình làm dày vỏ do sự hợp nhất của các địa khối Kon Tum và Trường Sơn trong Paleozoi sớm (Trịnh Thế Lực và nnk., 2019).

3. Vị trí lấy mẫu và đặc điểm thạch học

Năm mẫu được lấy trong moong khai thác quặng vàng khu mỏ G18, ở phía nam Phước Sơn, thuộc TPSZ. Các đá granodiorit xuất hiện với diện tích khá lớn trong moong khai thác giữa các thành tạo phiến và biến dạng cao của phức hệ Khâm Đức (Hình 1 c, d). Các đá vây quanh bị biến chất và biến dạng ở mức độ cao tạo thành đới phiến hóa xen lẫn nếp uốn và đứt gãy chòm nghịch kích thước khác nhau phát triển theo phương đông - tây đến tây bắc - đông nam (Hình 1c).



Hình 2. Ảnh chụp dưới kính hiển vi cho thấy đặc điểm thạch học của các mẫu nghiên cứu. (a) mẫu granodiorit và thành phần khoáng vật liên quan, (b) ảnh thạch học lát mỏng cho thấy sự sắp xếp định hướng của khoáng vật biotit theo mặt phiến của mẫu nghiên cứu. (Qtz: Thạch anh; Pl: Plagioclas; Bt: Biotit; Ser: Sericit).

Quan sát dưới kính hiển vi, các đá granodiorit có cấu tạo mylonit, thành phần khoáng vật gồm chủ yếu gồm plagiocla (55÷60%), thạch anh (20÷25%), K - felspat (10÷15%), hornblend (5%) và biotit (5÷10%) (Hình 2a). Các khoáng vật như biotit, thạch anh và plagioclas thường xuất hiện dọc theo mặt phiến của đá vì bị biến dạng kéo dài theo phương phiến (Hình 2b). Khoáng vật phụ bao gồm magnetite, pyrite, ilmenite, apatite và zircon.

4. Phương pháp phân tích

Các hạt zircon được tách theo phương pháp giã đãi và lắng lọc, sau đó được gắn vào khuôn mẫu epoxy trước khi đem mài để lộ ra phần nhân bên trong của các tinh thể. Ảnh phát quang âm cực (CL) được chụp để nghiên cứu hình thái và cấu trúc bên trong của zircon cũng như dùng để lựa chọn các điểm bắn khi phân tích đồng vị U÷Pb và thành phần nguyên tố vết (Hình 3). Xác định tuổi đồng vị U÷Pb và phân tích các nguyên tố vết được thực hiện bằng thiết bị LA÷ICP÷MS tại Phòng thí nghiệm Địa chất và Tài nguyên khoáng sản của Trường Đại học Địa chất Vũ Hán (CUGW), chi tiết quá trình tiến hành được mô tả chi tiết trong Liu và nnk. (2008).

Các mẫu phân tích laser được tiến hành bằng thiết bị Agilent 7500 a ICP÷MS gắn đầu dò laser GeoLas 2005. Các phân tích được tiến hành với đường kính của chùm laser là 44 µm và tỉ lệ lặp là



Hình 3. Ảnh phát quang âm cực đại diện của các zircon đại diện trong mẫu.

6 Hz. zircon 91500 và GJ÷1 được sử dụng làm mẫu chuẩn cho việc định tuổi U÷Pb và thành phần nguyên tố vết nhằm mục đích theo dõi độ sai số của máy. Việc hiệu chỉnh lượng Pb phong (comment Lead) được tuân theo phương pháp của Andersen (2002). Biểu đồ Concordia và tính tuổi trung bình được thực hiện trên phần mềm Isoplot/EX (Ludwig, 2008). Các kết quả phân tích được trình bày ở Bảng 1.

5. Kết quả phân tích

5.1. Tuổi U÷Pb

Các tinh thể zircon trong các mẫu có chiều dài lớn nhất là 170÷250 µm và chúng có hình thái đa dạng, từ bán tự hình đến tự hình và có tỉ lệ dài/rộng biến đổi từ 2/1÷4/1 (Hình 4). Đa số phần lớn các tinh thể này không có nhân zircon kế thừa. Ảnh CL thấy rằng hầu hết các hạt zircon có phân đới rõ ràng, tự hình, sắc nét và là minh chứng quan trọng cho nguồn gốc magma của chúng.

Kết quả định tuổi LA÷ICP÷MS cho tỉ lệ Th/U thay đổi từ 0,43÷0,81. Trên biểu đồ Concordia, đa phần các phân tích đều nằm trên/gần với đường cong phù hợp (Hình 4a). 15 điểm phân tích của mẫu QN÷0419/01 thu được tuổi ²⁰⁶Pb/²³⁸U từ 442 ± 5,0 đến 454 ± 6,0 tr.n (Bảng 1) với tuổi trung bình ²⁰⁶Pb/²³⁸U là 447,4 ± 2,9 tr.n (1σ, MSWD = 0,75; Hình 4b).

5.2. Các nguyên tố hiếm và nguyên tố vết

Thành phần của zircon trong đá magma có thể bị ảnh hưởng bởi các quá trình nhiệt dịch hậu magma làm cho đặc điểm nguyên tố vết của chúng bị tác động, thay đổi và không phản ánh đặc điểm magma (Bialy và Ali, 2013).

Bảng 1. Kết quả phân tích thành phần địa hóa nguyên tố vết khoáng vật zircon mẫu QN - 676.

Mẫu	Tỷ số đồng vị							Tuổi (trn.)					
	Th/U	207Pb/206Pb	1σ	207Pb/235U	1σ	206Pb/238U	1σ	Sai số hiệu chỉnh	207Pb/235U	1σ	206Pb/238U	1σ	Độ tương Thích (%)
676÷07	0,4480	0,056	0,001	0,558	0,011	0,071	0,001	0,591	450	7	444	5	98
676÷09	0,3320	0,057	0,001	0,569	0,011	0,073	0,001	0,702	457	7	454	6	99
676÷10	0,3029	0,055	0,001	0,550	0,011	0,073	0,001	0,687	445	7	453	6	98
676÷11	0,4179	0,056	0,001	0,551	0,012	0,071	0,001	0,581	445	8	444	5	99
676÷13	0,3975	0,055	0,001	0,550	0,010	0,073	0,001	0,719	445	6	452	6	98
676÷18	0,7006	0,057	0,001	0,560	0,011	0,071	0,001	0,662	451	7	443	5	98
676÷20	0,3861	0,057	0,001	0,560	0,010	0,071	0,001	0,608	451	7	442	5	97
676÷24	0,4035	0,056	0,001	0,563	0,011	0,073	0,001	0,667	453	7	452	5	99
676÷25	0,3249	0,057	0,001	0,560	0,012	0,071	0,001	0,632	452	8	444	6	98

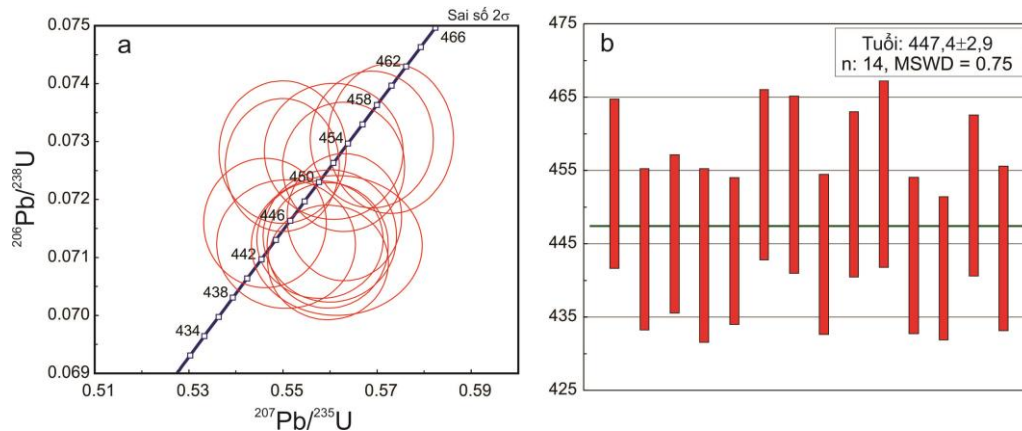
Để tránh bị ảnh hưởng bởi nhiệt dịch trong thành phần của zircon, trong nghiên cứu này nhóm tác giả chỉ sử dụng các kết quả zircon có giá trị $La \leq 1$, $(Sm/La)_n > 10$, $10 < Ce_n < 100$ điển hình cho thành phần zircon được hình thành trực tiếp từ dung thể magma (Hình 5a) (Pelleter và nnk., 2007). Thành phần của zircon được đưa ra trên Bảng 1. Các hạt zircon của mẫu cho thấy khoảng biến thiên rộng dị thường tỉ số Ce/Ce^* là

$33,9 \div 311,7$, tỷ lệ U/Yb , Nb/Yb , Sc/Yb , Nb/Hf và Hf/Th biến đổi lần lượt là $1,06 \div 3,33$; $< 0,01$; $0,53 \div 1,62$; $0,0001 \div 0,0003$ và $18,6 \div 121,8$.

6. Thảo luận

6.1. Bản chất kiến tạo của các đá nghiên cứu

Nghiên cứu về địa hóa khoáng vật zircon đã cho thấy các nguyên tố U, Yb, Y có sự phân biệt



Hình 4. Biểu đồ Concordia U - Pb (a) và tuổi trung bình $^{206}Pb/^{238}U$ của các mẫu nghiên cứu.

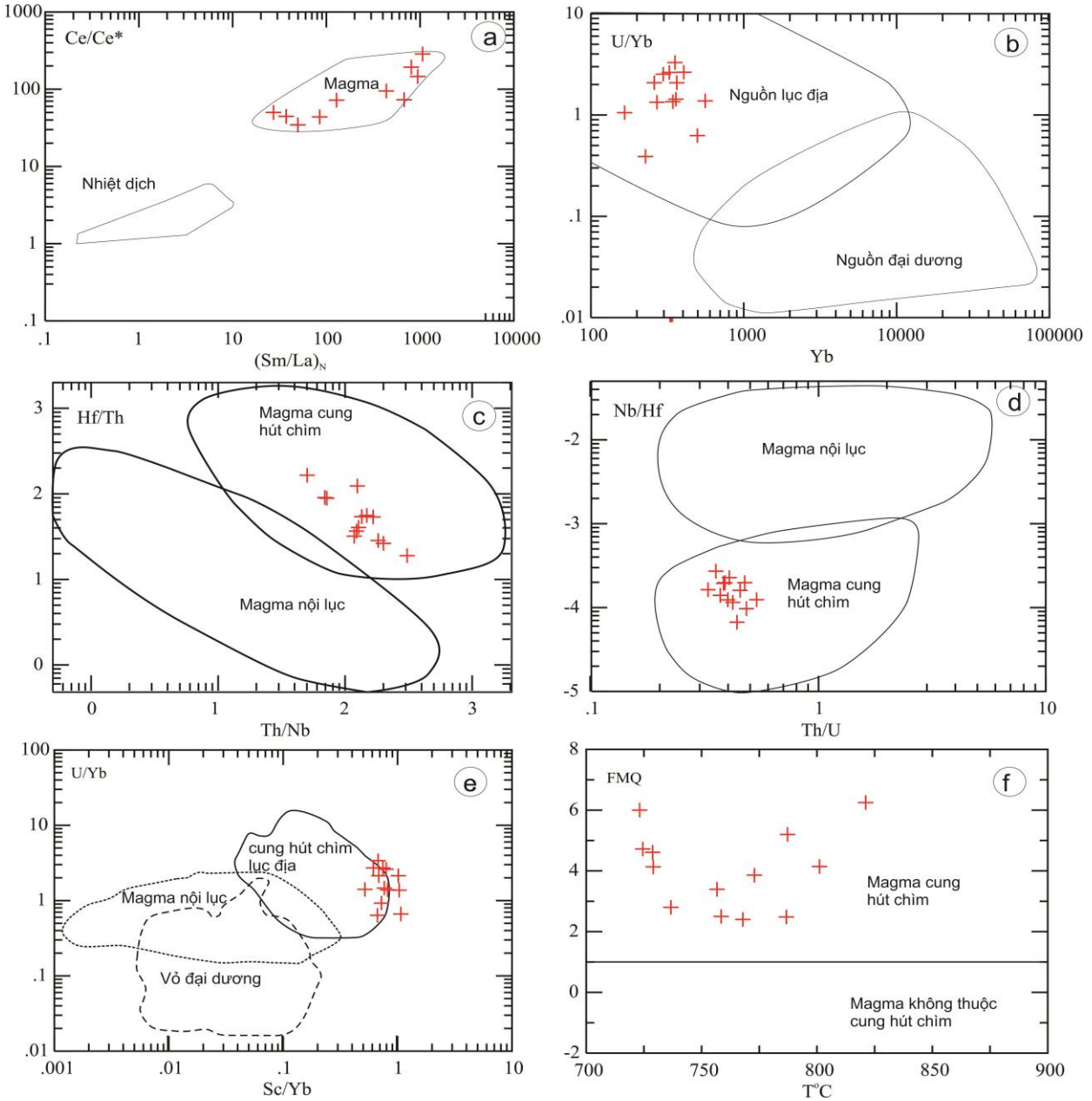
Bảng 2. Kết quả phân tích thành phần địa hóa nguyên tố vết khoáng vật zircon mẫu QN - 676.

Mẫu	QN - 676	QN - 676	QN - 676	QN - 676	QN - 676	QN - 676	QN - 676	QN - 676	QN - 676	QN - 676
Sc	270,56	244,49	281,11	269,56	294,30	247,06	252,86	254,35	285,94	308,61
Ti	8,75	5,72	7,65	6,30	6,63	4,16	4,18	5,61	3,91	10,56
Y	515,61	921,12	1169,65	805,35	2005,12	885,22	995,53	1054,84	825,26	738,44
Nb	0,63	2,30	1,33	1,52	1,80	2,30	3,29	2,57	1,75	1,31
La	0,00	0,05	0,01	0,11	0,02	0,00	0,12	0,04	0,00	0,00
Ce	5,65	13,82	11,46	12,48	19,04	16,87	18,33	15,68	7,66	9,19
Pr	0,04	0,11	0,07	0,05	0,22	0,06	0,07	0,08	0,03	0,03
Nd	0,67	1,70	1,17	0,92	4,06	1,10	1,00	1,53	0,65	0,62
Sm	1,34	2,80	3,54	2,33	7,69	2,30	2,02	2,82	1,76	2,02
Eu	0,36	0,42	0,41	0,24	1,16	0,36	0,21	0,35	0,18	0,42
Tm	17,13	36,00	39,64	27,41	61,13	33,18	39,78	37,56	28,56	23,49
Yb	166,89	355,14	359,85	260,75	558,05	326,12	404,35	364,65	271,28	228,16
Lu	34,15	72,46	70,19	51,16	107,71	64,06	83,68	71,80	53,86	41,75
Hf	9375	11672	11453	10756	10088	11490	11958	11158	10606	10515
Ta	0,53	1,78	1,07	1,18	1,08	1,57	2,48	1,69	1,35	0,71
Th	76,95	450,10	216,34	201,39	541,44	409,36	379,70	309,29	118,61	64,46
U	176,4	1182,9	517,7	547,7	772,8	866,4	1079,6	766,6	365,0	88,7
Nb/Hf	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Th/Nb	121,63	195,43	162,17	132,39	301,24	177,80	115,49	120,24	67,74	49,08
Hf/Th	121,83	25,93	52,94	53,41	18,63	28,07	31,49	36,08	89,42	163,11
U/Yb	1,06	3,33	1,44	2,10	1,38	2,66	2,67	2,10	1,35	0,39
Ce/Ce*	142,75	42,97	92,93	40,31	71,67	278,18	49,13	70,68	188,26	190,79
Ln/O ₂	- 6,46	- 12,95	- 8,70	- 12,73	- 10,34	- 7,45	- 13,92	- 11,17	- 9,20	- 4,49
FMQ	4,14	2,50	5,20	2,40	3,86	4,61	4,13	3,39	6,00	6,25

rõ ràng trong các đá magma được hình thành trong môi trường lục địa hay đại dương, tỉ số U/Yb tăng lên từ gabbro đại dương (0,18) đến granitoid lục địa (1,07) và kimberlit (2,1) (Grime và nnk., 2007). Zircon của mẫu diorit thạch anh (QN - 676) có tỷ lệ U/Yb là $1,06 \div 3,33$, đặc trưng cho đá magma hình thành trong môi trường lục địa hơn là môi trường vỏ đại dương (Hình 5b). Sự khác nhau về hành vi địa hóa của Hf, Th và Nb trong

khoáng vật zircon đem lại một khả năng đánh giá các bối cảnh kiến tạo cho các đá magma (Yang và nnk., 2012). Thành phần zircon trong nghiên cứu này cho thấy mức độ tập trung cao của tỉ số Hf/Th và Nb/Hf thấp tương đồng với zircon liên quan đến thành tạo magma đới hút chìm (Hình 5 c,d).

Nghiên cứu của Grimes và nnk. (2015) đã xác nhận tỷ lệ U/Yb của zircon từ MOR thấp hơn 0,1, zircon từ magma plume có tỷ số U/Yb, U/Nb,



Hình 5. (a) Biểu đồ phân biệt zircon kết tinh trực tiếp từ nguồn magma và bị tác động nhiệt dịch (Hoskin và Schaltegger, 2003); (b) biểu đồ phân biệt zircon vỏ lục địa và vỏ đại dương (Grimes và nnk., 2007); (c, d, e, f) biểu đồ phân chia bối cảnh kiến tạo dựa trên địa hóa nguyên tố vết của zircon (trong đó: (d) theo Yang và nnk. (2012), (e) và (f) theo Grimes và nnk. (2015)).

Nb/Yb và Nb/Sc cao hơn zircon có nguồn từ MOR. Với các zircon có tỷ số U/Yb > 0,1 thì tỷ số Sc/Yb trong magma cũng cao hơn so với kiểu magma plume. Zircon từ cung đảo thông thường tỷ số U/Yb trung bình khoảng 0,1 và thấp hơn giá trị này ghi nhận được trong các zircon từ magma cung lục địa (Grimes và nnk., 2015). Sử dụng biểu đồ U/Yb - Sc/Yb để phân biệt magma từ các môi trường kiến tạo khác nhau cho thấy các số liệu nghiên cứu phù hợp với kiểu magma cung lục địa và khác biệt hẳn với kiểu magma MOR, nội mảng hay cung đảo (Hình 5e). Chỉ số oxy bão hòa tính toán theo Ferry & Watson (2007) cho thấy chỉ số FMQ (fayalite-magnetite-quartz) thay đổi từ 2÷6 (>1) điển hình cho magma liên quan đến hoạt động hút chìm lục địa (Hình 5f).

6.2. Bằng chứng sự tồn tại kiểu cung lục địa và cung đảo ở rìa bắc địa khối Kon Tum

Các thành tạo peridotit bị serpentinit hóa thuộc phức hệ Hiệp Đức trước đây được cho rằng đó là phần còn sót lại của mantle sống núi giữa đại dương (Phạm và nnk., 2006). Khi đánh giá lại thành phần khoáng vật của khoáng vật Cr - spinel tàn dư của các đá peridotit trong các nghiên cứu trước đây (Izokh và nnk., 2006; Phạm và nnk., 2006) và đặc điểm thạch học của các đá trong TPO, Nguyễn và nnk. (2019) đã cho rằng các đá trong TPO được thành tạo trong môi trường trước cung. Các phức hệ đá magma ở khu vực phía bắc và đông bắc của TPSZ (phức hệ Điện Biên) được cho là magma cung đảo tuổi Cambri - giữa dựa trên đặc điểm địa hóa tổng và tuổi đồng vị U - Pb, Hf zircon (Nguyễn và nnk., 2019). Phức hệ đá magma cung đảo ở phía bắc và đông bắc TPSZ được cho là tương đồng với kiểu magma cung đảo của các đá granit tuổi 470 ± 2 tr.n., $476 \pm 1,5$ tr.n ở đông bắc Lào (Gardner và nnk., 2017). Kết hợp tất cả các dẫn chứng trên chỉ ra rằng có sự tồn tại của hoạt động magma cung đảo trong suốt giai đoạn Cambri giữa đến Ordovic - giữa rìa bắc địa khối Kon Tum và vùng đông bắc Lào.

Số liệu về thành phần của zircon trong nghiên cứu này xác nhận bối cảnh kiến tạo hình thành đá magma là cung lục địa, khác biệt rất rõ với kiểu magma cung đảo hoặc sống núi giữa đại dương. Kết quả phân tích ảnh CL cũng như đặc điểm địa hóa cho thấy zircon hình thành liên quan đến quá trình kết tinh magma, giá trị tuổi trung bình $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ trong mẫu nghiên cứu cho giá trị khá

tương đồng khoảng 447 tr.n được xác định là tuổi hình thành của các đá magma này. Kết quả phân tích đặc điểm thạch học cho thấy các khoáng vật tạo đá có cấu tạo biến dạng dẻo như là plagioclase, biotit và thạch anh chỉ ra rằng pha biến dạng này xảy ra đồng thời với quá trình nguội lạnh của dung thể magma. Các tuổi này cũng khá tương đồng với khoáng tuổi $446 \div 447$ tr.n của đá gneiss granitoid kiểu I trong các nghiên cứu trước đây là thuộc địa khối Kon Tum (phức hệ Trà Bồng) (Carter và nnk., 2001; Nagy và nnk., 2001; Trần Văn Trị và Vũ Khúc, 2009). Wang và nnk. (2020) báo cáo kết quả tuổi $485 \div 447$ tr.n cho các đá ở vùng đông bắc Lào, số liệu địa hóa của chúng cho thấy có sự tồn tại của cung lục địa vào khoảng 447 tr.n và 457 tr.n. Các số liệu này chứng tỏ rằng cung lục địa đã tồn tại trong thời kì Ordovic giữa - muộn ở rìa phía bắc địa khối Kon Tum. (Trần và nnk., 2014) nghiên cứu về đặc điểm cấu tạo các pha biến dạng khu vực rìa bắc địa khối Kon Tum và nhận định rằng hút chìm giai đoạn Paleozoi sớm xuống dưới địa khối Kon Tum. Theo luận giải của Usuki và nnk. (2009) cho các đá biến chất phức hệ Khâm Đức, quá trình tiến hóa biến chất áp suất cao - nhiệt độ trung bình ở thời điểm Paleozoi sớm (460 tr.n), tiếp theo là biến chất nhiệt độ cao - áp suất trung bình thời điểm 450 tr.n. Đặc điểm biến chất có thể liên hệ với giai đoạn hút chìm ở rìa bắc địa khối Kon Tum.

Các bằng chứng trên cho thấy sự tồn tại của các thành tạo magma và biến chất liên quan đến hút chìm dưới địa khối Kon Tum giai đoạn Ordovic muộn (kiểu cung lục địa) và các thành tạo magma giai đoạn Cambri giữa (kiểu cung đảo) (Nguyễn và nnk., 2019). Sự liên quan giữa các thành tạo cung đảo (phía đông bắc) và cung lục địa (phía nam) TPO cần những nghiên cứu cụ thể hơn.

7. Kết luận

Từ các kết quả phân tích mẫu đá magma khu vực mỏ G18 trong TPSZ, nhóm tác giả đưa ra một số kết luận sau:

- Các đá magma granodiorit trong khu vực mỏ vàng G18 có cấu tạo biến dạng dẻo do tác động của quá trình biến dạng đồng thời với quá trình nguội lạnh của magma.

- Tuổi zircon của mẫu đại diện đều cho tuổi kết tinh của đá là khoảng $447,4 \pm 2,9$ tr.n trước đây, tuổi này tương đồng với tuổi của granit kiểu I và các đá biến rìa bắc địa khối Kon Tum.

- Thành phần zircon của mẫu nghiên cứu cũng chứng tỏ bối cảnh kiến tạo hình thành các đá magma thuộc cung lục địa giai đoạn Ordovic muộn.

- Kết hợp các số liệu nghiên cứu magma Paleozoi sớm khu vực rìa bắc địa khối Kon Tum cho thấy sự tồn tại hai kiểu magma: cung đảo và cung lục địa ở rìa bắc địa khối Kon Tum giai đoạn Paleozoi sớm.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi đề tài khoa học và công nghệ cấp Quốc gia mã số KC.09.30/16-20.

Đóng góp của các tác giả

Ngô Xuân Thành - tham gia thực địa, xử lý số liệu, xây dựng mô hình, đưa ra ý tưởng và viết bài báo; Đặng Văn Bát - chủ nhiệm đề tài cung cấp kinh phí thực địa và số liệu; Bùi Vinh Hậu - tham gia thực địa, xử lý số liệu tuổi cho bài báo; Trần Thanh Hải - tham gia thực địa, thảo luận ý tưởng; Phan Văn Bình, Vũ Anh Đạo - tham gia thực địa và chuẩn bị mẫu phân tích số liệu.

Tài liệu tham khảo

Andersen, T., (2002). Correction of common lead in U - Pb analyses that do not report ²⁰⁴Pb. *Chem. Geol.* 192. 59 - 79.

Barth, A. P., Wooden, J. L., Jacobson, C. E., & Economos, R. C., (2013). Detrital zircon as a proxy for tracking the magmatic arc system: The California arc example. *Geology* 41. 223 - 226.

Bialy, M. Z. E., and Ali, K. A., (2013). Zircon trace element geochemical constraints on the evolution of the Ediacaran (600 - 614Ma) post-collisional Dokhan Volcanics and Younger Granites of SE Sinai, NE Arabian - Nubian Shield. *Chemical Geology* 360 - 361. 54 - 73.

Bui, V. T. S., Osanai, Y., Nakano, N., Adachi, T., Kitano, I., Owada, M., (2020). Timing of high - grade metamorphism in the Kontum Massif, Vietnam: Constraints from zircon - monazite multi - geochronology and trace elements geochemistry of zircon - monazite - garnet. *Journal of Asian Earth Sciences* 187. 104084. <https://doi.org/10.1016/j.jseae.2019.104084>

Carter, A., Roques, D., Bristow, C., Kinny, P., (2001). Understanding Mesozoic accretion in Southeast Asia: significance of Triassic thermotectonism (Indosinian Orogeny) in Vietnam. *Geology* 29 (3). 211 - 214.

Ferry, J. M. & Watson, E. B., (2007). New thermodynamic models and revised calibrations for the Ti-in-zircon and Zr-in-rutile thermometers. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 154. 429-37.

Gardner, C. J., Graham, I. T., Belousova, E., Booth, G. W., Greig, A., (2017). Evidence for Ordovician subduction - related magmatism in the Truong Son terrane, SE Laos: implications for Gondwana evolution and porphyry Cu exploration potential in SE Asia. *Gondwana Research* 44, 139 - 156. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2016.11.003>.

Grimes, C. B., John, B. E., Kelemen, P. B., Mazdab, F. K., Wooden, J. L., Cheadle, M. J., Hangh, K., Schwartz, J. J., (2007). Trace element chemistry of zircons from oceanic crust: A method for distinguishing detrital zircon provenance. *Geology* 35. 643 - 646.

Grimes, C. B., Wooden, J. L., Cheadle, M. J., John, B. E., (2015). "Fingerprinting" tectono - magmatic provenance using trace elements in igneous zircon. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 170 (46). <https://doi.org/10.1007/s00410-015-1199-3>.

Harley, S. L., Kelly, N. M., Möller, A., (2007). Zircon behaviour and the thermal histories of Mountain Chains. *Elements* 3: 25 - 30.

Hoskin P. W. O., Schaltegger U., (2003). The Composition of Zircon and Igneous and Metamorphic Petrogenesis. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry* 53. 27 - 62.

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).

Lepvrier, C., Maluski, H., Vu, V. T., Leyreloup, A., Phan, T. T., Nguyễn, V. V., (2004). The Early Triassic Indochinian orogeny in Vietnam (Truong Son Belt and Kontum Massif);

- implications for the geodynamic evolution of Indochina. *Tectonophysics* 393 (1 - 4). 87 - 118.
- Lepvrier, C., Nguyễn, V. V., Maluski, H., Tran, P. T., Vu, V. T., (2008). Indosinian tectonics in Vietnam. *C.R. Geosci.* 340. 94 - 111.
- Liu, Y. S., Hu, Z. C., Gao, S., Gunther, D., Xu, J., Gao, C. G. and Chen, H. H., (2008). In situ analysis of major and trace elements of anhydrous minerals by LA - ICP - MS without applying an internal standard. *Chem. Geol.* 257. 34 - 43.
- Ludwig, K. R. (2008): Isoplot/Ex 3.70. A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel. *Berkeley Geochronological Center, Berkely*, Special publication No. 4. 76 pp.
- Maluski, H., Lepvrier, C., Leyreloup, A., Van, T. V., Thi, P. T., (2005). Ar⁴⁰ - Ar³⁹ geochronology of the charnockites and granulites of the Kan Nack Complex, Kon Tum Massif, Vietnam. *Journal of Asian Earth Sciences* 25 (4). 653 - 677. <https://doi.org/10.1016/j.jseas.2004.07.004>.
- Nagy, E. A., Maluski, H., Lepvrier, C., Scharer, U., Tran, T. P., Leyreloup, A., Vu, V. T., , (2001). Geodynamic significance of the Kontum massif in central Vietnam: composite Ar - 40/Ar - 39 and U - Pb ages from Paleozoic to Triassic. *Journal of Geology* 109 (6). 755 - 770.
- Nguyễn, M. Q., Feng, Q., WeiZi, J., Zhao, T., Tran, T. H., Ngo, X. T., Tran, M. D., Nguyễn, Q. H., Nguyễn, Q. H., (2019). Cambrian intra - oceanic arc trondhjemite and tonalite in the Tam Ky - Phuoc Son Suture Zone, central Vietnam: Implications for the early Paleozoic assembly of the Indochina Block. *Gondwana Research* 70. 151 - 170.
- 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.
- Nakano, N., Osanai, Y., Owada, M., Nam, T. N., Charusiri, P., Khamphavong, K., (2013). Tectonic evolution of high - grade metamorphic terranes in central Vietnam: Constraints from large - scale monazite geochronology. *J. Asian Earth Sci.* 73 (5). 520 - 539.
- Osanai, Y., Owada, M., Tsunogae, T., Toyoshima, T., Hokada, T., Tran, V. L., Sajeev, K., Nakano, N., (2001). Ultrahigh - temperature pelitic granulites from Kontum Massif, central Vietnam: Evidence for East Asian juxtaposition at 250 Ma. *Gondwana Res.* 4(4). 720 - 723.
- 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.
- Phạm, T. D., Tran, T. H., Tran, T. P., Tran, N. P., Tran, T. A., Bui, A. N., (2006). Characteristics of mineral composition (olivine, pyroxene, chrome spinel) of ultramafic intrusions located in the margin of the Kon Tum Block. *Journal of Geology* 28. 47 - 57.
- Roger, F., Maluski, H., Leyreloup, A., Lepvrier, C., Tran, T. P., (2007). U - Pb dating of high temperature metamorphic episodes in the Kontum Massif (Vietnam). *J. Asian Earth Sci.* 30. 565 - 572.
- Shi, M. F., Lin, F. C., Fan, W. Y., Deng, Q., Cong, F., Tran, M. D., Zhu, H., Wang, H., (2015). Zircon U - Pb ages and geochemistry of granitoids in the Truong Son terrane, Vietnam: tectonic and metallogenic implications. *Journal of Asian Earth Sciences* 101. 101 - 120.
- Trần, T. H., 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 và Vũ Khúc (cb), (2009). Địa chất và tài nguyên Việt Nam. *Nhà xuất bản Khoa học tự nhiên và Công nghệ*, 589 tr.
- Trịnh Thế Lực, Trần Thanh Hải, Nguyễn Hữu Hiệp, Bùi Hoàng Bắc, Andrew Carter, (2019). Phát hiện mới về tuổi tuyệt đối của đá Granodiorite Phúc hệ Chu Lai thuộc vùng Đông bắc Quảng

- Ngãi. *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất*, Tập 60(1). 7 - 14.
- 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.
- Wang, Y., Wang, Y., Qian, X., Zhang, Y., Gan, C., Senebottalath, V., Wang, Y., (2020). Early Paleozoic subduction in the Indochina interior: Revealed by Ordo - Silurian mafic - intermediate igneous rocks in South Laos. *Lithos.* <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2020.105488>.
- Yang, J. H., Cawood P. A., Du Y. S., Huang H., Huang H.W., Tao P., (2012). Large Igneous Province and magmatic arc sourced Permian - Triassic volcanogenic sediments in China. *Sedimentary Geology* 261, 120 - 131.