

ĐẶC ĐIỂM THẠCH HỌC, THẠCH ĐỊA HÓA CÁC ĐÁ SIÊU MAFIC VÙNG TÂN LẬP, HUYỆN KON RÃY, TỈNH KON TUM

PHẠM TRUNG HIỆU¹, TRẦN DUÂN², TRẦN XUÂN HÒA^{1,2}, PHẠM MINH¹,
BÙI KIM NGỌC¹

1: Khoa Địa chất, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG Tp. HCM.

2: Liên đoàn Bản đồ Địa chất miền Nam, số 200 Lý Chính Thắng, quận 3, TP. Hồ Chí Minh.

Tác giả liên hệ: tranduandc3@gmail.com

Tóm tắt: Các đá siêu mafic vùng Tân Lập có thành phần gồm peridotit, serpentinit-apodunit, pyroxenit, hornblendit, cùng các loại đá biến đổi nguồn gốc siêu mafic như anthophylit và chrysotil. Chúng là các thể nhỏ dạng thấu kính nằm chính hợp với các tổ hợp đá biến chất tương amphibolit thuộc phức hệ Khâm Đức (NP-Êđ). Các thể rộng từ vài mét đến hàng chục mét, kéo dài vài chục đến vài trăm mét theo phương Đông Bắc-Tây Nam.

Đặc điểm thạch hóa của đá siêu mafic vùng Tân Lập có đặc điểm tương đồng với các thành tạo manti trên và thành hệ hyperbasic kiểu alpi với đặc trưng cơ bản là giàu MgO, thấp SiO₂, nghèo kiềm và rất thấp TiO₂. Hành vi các nguyên tố hiếm-vết trong đá siêu mafic vùng Tân Lập có biểu hiện giống với đới hút chìm (SSZ) hơn là dãy núi giữa đại dương (MOR). Các kết quả phân tích trên đơn khoáng cromspinel cho thấy chúng có nguồn gốc từ manti trên của thạch quyển đại dương, đã trải qua quá trình nóng chảy từng phần với mức độ nóng chảy khá cao khoảng 30-35%. Các đá siêu mafic này được hình thành trong bối cảnh kiến tạo trước cung của đới hút chìm.

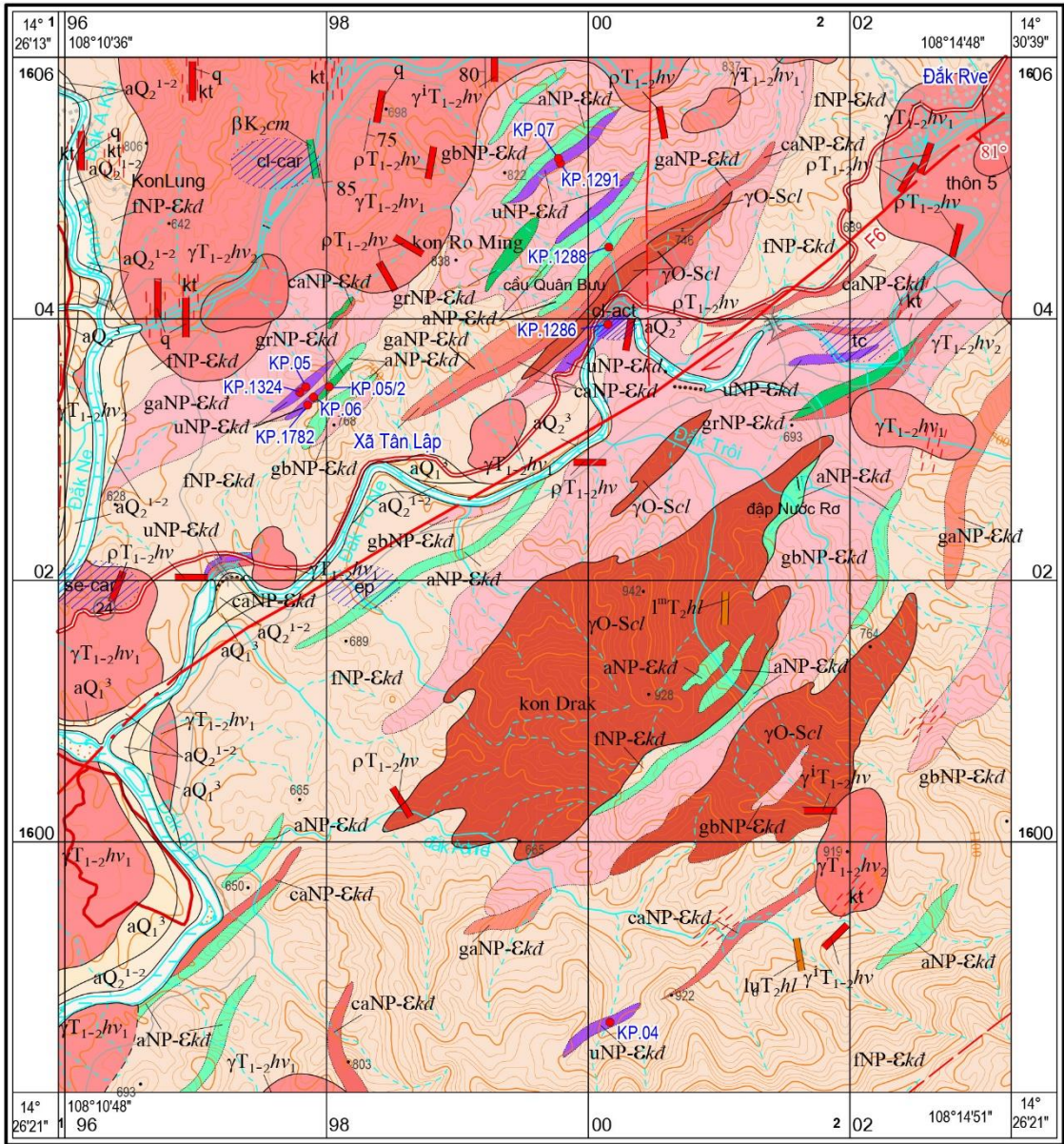
Từ khóa: Siêu mafic, Tân Lập, manti trên, đới hút chìm, cromspinel.

1. Mở đầu

Các đá siêu mafic thường là các thể tàn dư của vỏ đại dương nó có nhiều ý nghĩa trong nghiên cứu lịch sử tiến hóa địa chất khu vực. Tại Việt Nam chúng xuất lộ ở khu vực Đông Bắc, Tây bắc (đới khâu Sông Mã) và đới khâu Tam Kỳ - Phước Sơn, đã từ lâu được nhiều nhà khoa học trong và ngoài nước nghiên cứu.

Theo các tài liệu nghiên cứu trước đây, trên bản đồ địa chất tỷ lệ 1:500.000 Việt Nam và bản đồ địa chất hiệu đính tỷ lệ 1:200.000 miền Nam Việt Nam, các thành tạo siêu mafic vùng Tân Lập, huyện Kon Rẫy, tỉnh Kon Tum chưa được phát hiện. Kết quả đo vẽ lập bản đồ địa chất và điều tra khoáng sản tỷ lệ 1:50.000 nhóm tờ Kon Plong đã phát hiện các thể đá siêu mafic có dạng thấu kính dẹt, rộng từ vài mét đến hàng chục mét, kéo dài từ vài chục mét đến vài trăm mét theo phương Đông Bắc-Tây Nam. Đây là phát hiện mới trên diện tích nhóm tờ Kon Plong. Những phát hiện mới này cần được nghiên cứu chi tiết định lượng về đặc điểm thạch học-thạch địa hóa, để hiểu biết về các quá trình thành tạo, nguồn gốc tạo ra chúng.

Trong bài báo này, chúng tôi thực hiện các nghiên cứu chi tiết về đặc điểm địa chất, thạch học khoáng vật, thạch địa hóa, tổ hợp cộng sinh khoáng vật, các quá trình biến đổi sau magma của các đá siêu mafic. Từ đó thảo luận các vấn đề về thạch luận, xác định nguồn gốc, bối cảnh thành tạo các đá siêu mafic vùng Tân Lập, huyện Kon Rẫy, tỉnh Kon Tum.



Sơ đồ địa chất được thu thập từ Đề án "Lập bản đồ địa chất và điều tra khoáng sản tỷ lệ 1:50.000 nhóm tờ Kon Plong". Trần Duân, 2020.

CHỈ DẪN

I. ĐỊA CHẤT

- aQ₂³ Holocen thượng, Trầm tích sông: Cát, cuội sạn sỏi lẫn ít bột bở rời.
- aQ₂¹⁻² Holocen hạ-trung, trầm tích sông: Cuội, sạn sỏi, cát bột, bột sét pha cát.
- aQ₁³ Pleistocen thượng, trầm tích sông: Cuội sỏi, cát sạn, sét bột pha cát.
- βK₂cm Phức hệ Cù Mông: Diabas, diabas porphyrit.
- γ^mT₂hl Phức hệ Hoàng Lan: Mạch minet.

- a b Pha đá mạch: a- Granit aplit; b- Pegmatit.
- γT₁₋₂h_{v2} Pha 2: Granit biotit, granit hai mica hạt nhỏ.
- γT₁₋₂h_{v1} Pha 1: Granit biotit, granit hai mica hạt vừa-lớn.
- γO-Scl Phức hệ Chu Lai: Granitogneis, granitogneis hai mica hạt nhỏ-vừa.

- uNP-Ekd grNP-Ekd aNP-Ekd caNP-Ekd gaNP-Ekd gbNP-Ekd fNP-Ekd

- Phức hệ Khâm Đức:
- 1- Tổ hợp metaultramafic (u): Dunit, peridotit, Pyroxenit, hornblendit và sản phẩm biến đổi: Anthophylit, đá phiến tremolit, đá phiến talc.
 - 2- Tổ hợp metagabro (gr): Gabro, gabro amphibolit.
 - 3- Tổ hợp amphibolit (a): Amphibolit.
 - 4- Tổ hợp metacarbonat (ca): Đá hoa, đá hoa olivin, đá hoa diopsid.
 - 5- Tổ hợp gneis amphibol (ga): Gneis amphibol, gneis amphibol-biotit.
 - 6- Tổ hợp gneis biotit (gb): Gneis biotit, gneis biotit-granat-silimanit.
 - 7- Tổ hợp đá phiến (f): Đá phiến thạch anh-hai mica.

II. CÁC KÝ HIỆU KHÁC

- a b Ranh giới: a- Ranh giới địa chất xác định; b- Ranh tương tổ hợp đá.
- b c Đứt gãy: a- xác định, b- dự đoán, c- Bị phủ.
- E_{81°} Số hiệu, đứt gãy trượt bằng, hướng dịch chuyển và góc dốc mặt trượt.
- 45 Thế nằm mặt phân phối kết tinh, phân dải biến chất và góc dốc.
- q Mạch thạch anh (q).
- kt Các đá nguồn gốc kiến tạo: Cataclasit (kt).
- tc, cl, act, ep, se, car Các đới đá biến đổi: Talc hóa (tc), chlorit hóa (cl), epidot hóa (ep), actinolit hóa (act), carbona hóa (car), sericit hóa (se).
- KP.06 Vị trí lấy mẫu và số hiệu mẫu.

Hình 1: Sơ đồ địa chất vùng Tân Lập

2. Đặc điểm địa chất vùng nghiên cứu

Các đá siêu mafic vùng Tân Lập lộ ra dưới dạng các thể nhỏ dạng thấu kính chình hợp với đá vây quanh thuộc các tổ hợp đá biến chất phức hệ Khâm Đức: tổ hợp metagabro (grNP- $\mathcal{E}kđ$), tổ hợp amphibolit (aNP- $\mathcal{E}kđ$), tổ hợp metacarbonat (caNP- $\mathcal{E}kđ$), tổ hợp gneis amphibol (gaNP- $\mathcal{E}kđ$), tổ hợp gneis biotit (gbNP- $\mathcal{E}kđ$) và tổ hợp đá phiến kết tinh (fNP- $\mathcal{E}kđ$). Các thể siêu mafic rộng vài mét đến hàng chục mét, kéo dài từ vài chục mét đến vài trăm mét chủ yếu theo phương Đông Bắc-Tây Nam, có ranh giới rõ ràng.

Diện tích khu vực nghiên cứu khoảng 140km², thuộc tờ bản đồ Đắc Rve (D-49-25-C) và tờ bản đồ Kon Tum (D-49-37-A) tỷ lệ 1:50.000 (Hình 1).

Thành phần thạch học: Peridotit (KP.05, KP.1234, KP.1291), serpentinit-apodunit (KP.06, KP.07, KP.1782), pyroxenit (KP.05/1, KP.1286, KP.1324/1), hornblendit (KP.1291/2). Các đá biến đổi nguồn gốc siêu mafic: anthophylit (KP.04, KP.1777/2), chrysotil (KP.07/3, KP.1291/3, KP.1324/3). Đá vây quanh gồm gabroamphibolit (KP.05/2), amphibolit (KP.977/3, KP.1288/1, KP.1291/4,...).

Đá tiếp xúc vây quanh chủ yếu là các thể amphibolit, gabroamphibolit có cùng phương cấu trúc với các thể siêu mafic. Không thấy xuất hiện các đới tôi cứng, sừng hóa ở ranh giới tiếp xúc giữa chúng, chứng tỏ các đá siêu mafic ở đây không có nguồn gốc từ magma, mà có nguồn gốc từ kiến tạo giống như đặc điểm của tổ hợp siêu mafic kiểu alpi thành tạo trong các đai tạo núi. Điều này cũng hoàn toàn phù hợp với quan điểm xếp các đá siêu mafic vào phức hệ biến chất không phân tầng Khâm Đức của các tác giả Đề án “Lập bản đồ địa chất và điều tra khoáng sản tỉ lệ 1:50.000 nhóm tờ Kon Tum (Duyện, 2006) và nhóm tờ Kon Plong (Duân, 2020)” thay vì xem chúng như một thành tạo magma thuộc phức hệ Hiệp Đức như trước đây.

3. Phương pháp phân tích mẫu

Mẫu tươi được chọn và cắt, mài đánh bóng để phân tích thành phần khoáng vật, cấu tạo và kiến trúc của đá dưới kính hiển vi phân cực. Toàn bộ quá trình gia công và phân tích được thực hiện tại Phòng thí nghiệm Thạch học và khoáng sản, Khoa Địa chất, Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG-HCM Phần mẫu tươi còn lại được nghiền đến kích thước 0,074 mm để phân tích thành phần địa hóa của đá. Hàm lượng các nguyên tố chính được phân tích bằng phương pháp huỳnh quang tia X và các nguyên tố vi lượng gồm cả các nguyên tố đất hiếm được phân tích trên thiết bị ICP-MS tại phòng thí nghiệm các quá trình Địa động lực và khoáng sản, Trường Đại học Địa chất Trung Quốc.

Trong nghiên cứu này, bán kính của chùm electron là 3 μ m đối với cromspinel dưới hiệu điện thế 15KV. Thí nghiệm này được thực hiện bởi máy vi dò JXA-8200 tại phòng thí nghiệm EPMA thuộc Đại Học Hiroshima, Nhật Bản.

4. Kết quả phân tích

4.1. Kết quả phân tích thạch học

Đặc điểm thạch học các đá siêu mafic vùng Tân Lập như sau:

- Peridotit: đá có màu xám đen, kiến trúc hạt toàn tự hình biến dư, cấu tạo định hướng. Thành phần khoáng vật (%): Olivin bị biến đổi 40-44, pyroxen 55-58, quặng 1-2 (KP.05; KP.1234; KP.1291).

- Serpentinit (Apodunit): đá có màu xám đen phớt xanh, kiến trúc hạt toàn tự hình biến dư, cấu tạo định hướng. Thành phần khoáng vật (%): Olivin 90-98 đã bị serpentin hóa gần như hoàn toàn trở thành serpentinit, khoáng vật quặng 2-10 (KP.06; KP.07, KP.1782).

- Pyroxenit: đá có màu xám đen phớt xanh; kiến trúc hạt tự hình, cấu tạo định hướng. Thành phần khoáng vật (%): Plagioclas 0-20, biotit 0-6, hornblend 0-8, pyroxen 80-100, olivin 0-5, sphen 0-1, quặng ít-3 (KP.05/1, KP.854, KP.1286).

- Hornblendit: đá có màu xám đen; kiến trúc hạt tự hình, cấu tạo khối-định hướng. Thành phần khoáng vật (%): Hornblend 90-100, pyroxen 2-3, sphen ít, quặng ít (KP.1291/2).

- *Đá biến đổi nguồn gốc siêu mafic*

+ Anthophylit: đá có màu xám phớt trắng, kiến trúc que-hạt, cấu tạo tỏa tia-định hướng. Thành phần khoáng vật chủ yếu là amphibol thoi (anthophylit) và một ít thạch anh dạng hạt nhỏ (KP.04).

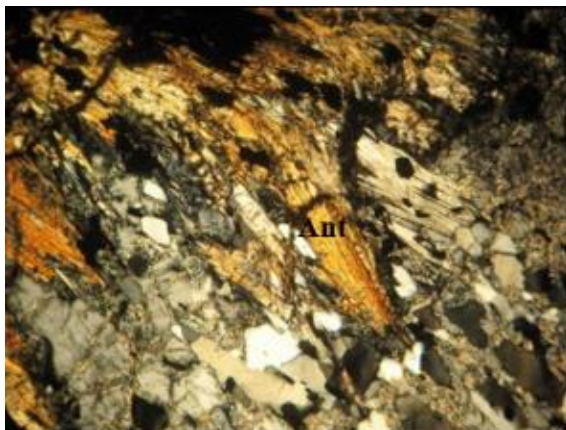
+ Chrysotil: đá có màu trắng phớt đỏ vàng, kiến trúc que-sợi, cấu tạo định hướng. Đá bị biến đổi dạng sợi chrysotil (KP.07/3).



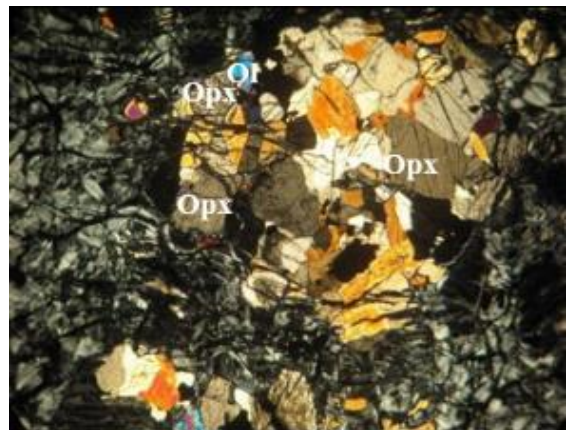
Ảnh 1- Peridotit lộ dạng chòm ở Tân Lập tại vết lộ KP.05. Ảnh Trần Duân



Ảnh 2- Dunit bị serpentinit hóa lộ ở Tân Lập tại vết lộ KP.07. Ảnh Trần Duân



Ảnh 3- Anthophilit dạng que-tôa tia. Lm-KP.04. N⁺, 4x5x



Ảnh 4- Khoáng vật sót olivin và pyroxen thoi trong peridotit bị serpentinit hóa. Lm-KP.05. N⁺, 4x5x

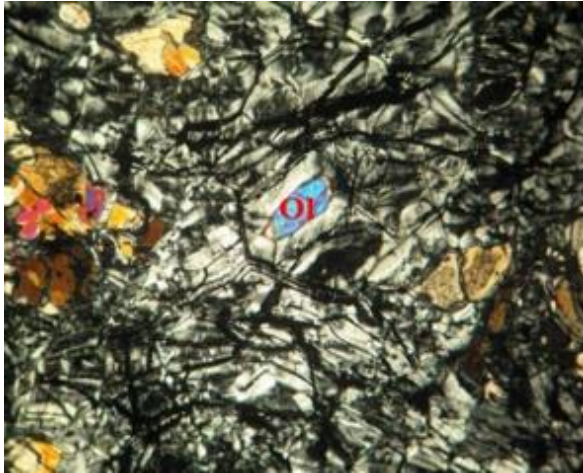
- Đá vây quanh

+ Gabroamphibolit: đá có màu xám đen loang lổ trắng; kiến trúc hạt biến tinh, gabro; cấu tạo khối-định hướng. Thành phần khoáng vật (%): Plagioclas 28-53, amphibol 24-66, pyroxen 1-30, biotit 0-6, sphen 0-3, quặng ít-3 (KP.05/2, KP.1781/2).

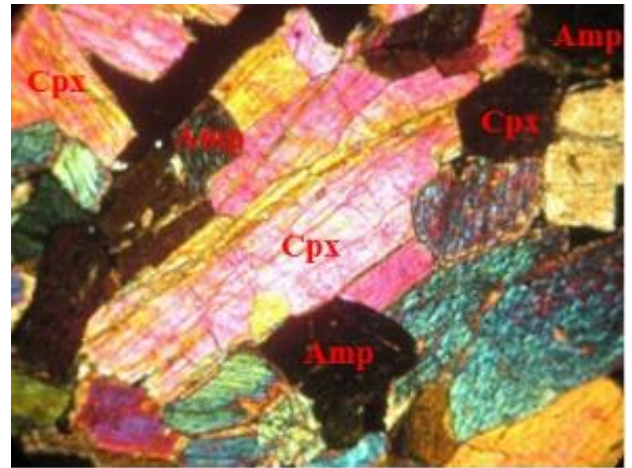
+ Amphibolit: đá có màu xám đen phớt xanh; kiến trúc hạt vảy biến tinh, cấu tạo định hướng. Thành phần khoáng vật (%): Amphibol 70-80, pyroxen 5-10, biotit 4-5, plagioclas 10-15 (KP.977/3, KP.1288/1, KP.1291/4).

Nhìn chung, các đá siêu mafic vùng Tân Lập có thành phần khoáng vật chủ yếu là olivin và pyroxen, đá có kiến trúc hạt toàn tự hình biến dư, cấu tạo định hướng. Các biến đổi serpentin hóa và amphibol hóa phổ biến, cho thấy chúng đã trải qua môi trường giàu thành phần nước với áp suất cao, vì ở điều kiện đó nhóm OH- mới có thể tham gia vào thành phần khoáng vật. Điều kiện này thường xảy ra ở đới hút chìm (SSZ).

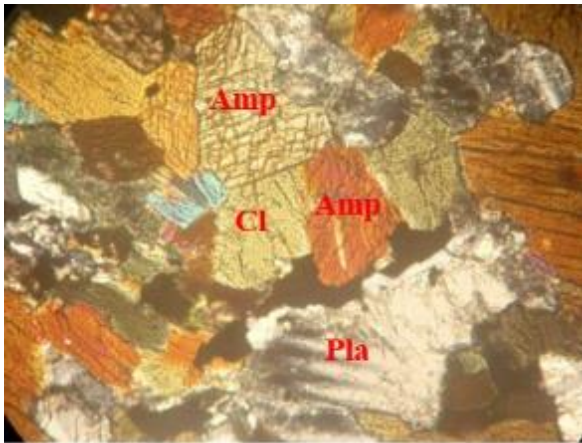
Dưới kính hiển vi phân cực, serpentin chủ yếu là loại antigorit, ít crysotil, lizardit. Điều này cho phép phân nào giải đoán về môi trường thành tạo của chúng. Ruth Frost Schulte, 2007 đã chứng minh antigorit hình thành ở nhiệt độ dưới 300°C, tốt nhất là trong khoảng 190-300°C dựa trên các dữ liệu về đồng vị oxy. Hơn nữa nhiệt độ đồng vị đạt được từ serpentinit với antigorit ưu thế thấp hơn rõ rệt (220°C), so với nhiệt độ của serpentinit với crysotil ưu thế (280°C). Những phát hiện antigorit nhiệt độ thấp đi cùng với đới áp suất cao, đới cắt trượt cường độ mạnh đã được biết đến (ví dụ ở mỏ Cassiar, British Columbia, Canada). Sự hình thành antigorit thường xảy ra ở nơi có nhiệt độ thấp và áp suất cao, điển hình như đới hút chìm (SSZ).



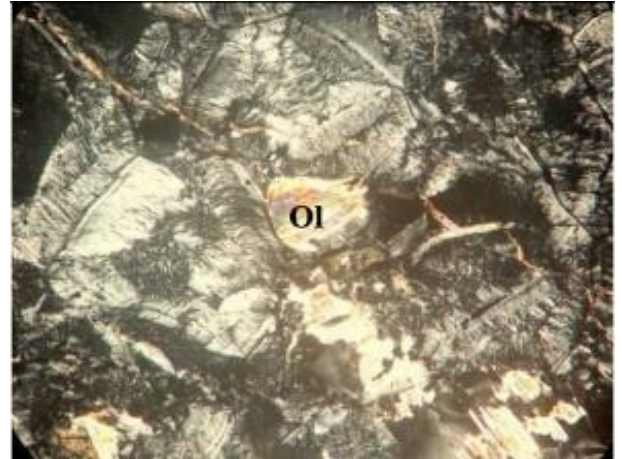
Ảnh 5- Serpentin dạng tấm thay thế ven rìa hạt olivin (antigorit). Giữa ảnh là nhân hạt olivin còn sót lại.
Lm-KP.05. Ni, 4x5x



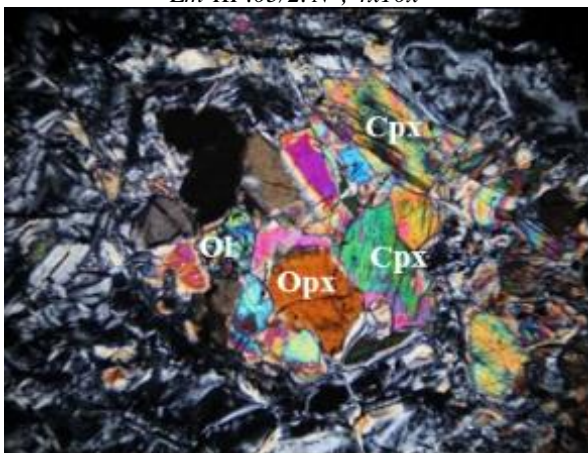
Ảnh 6- Pyroxenit với thành phần gồm pyroxen và amphibol. Lm-KP.05/1. N⁺, 4x5x



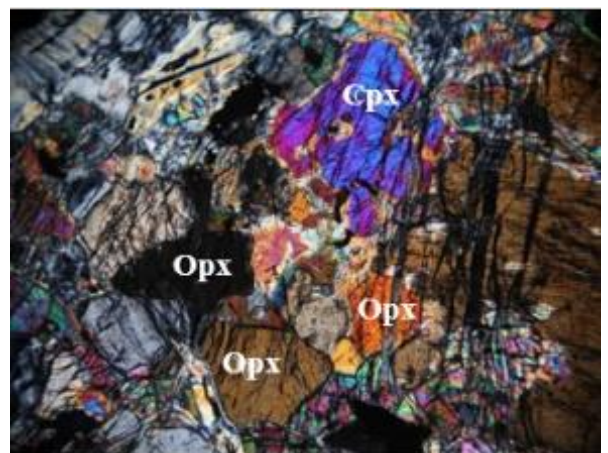
Ảnh 7- Gabbro-amphibolit với thành phần chủ yếu amphibol và plagioclas, đôi chỗ bị chlorit hóa.
Lm-KP.05/2. N⁺, 4x10x



Ảnh 8- Serpentin dạng tấm thay thế ven rìa hạt olivin (antigorit). Lm-KP.07. N⁺, 4x10x



Ảnh 9- Các khoáng vật còn sót (Ol, Opx, Cpx), xung quanh đã bị serpentin hóa. Lm-KP-1234. N⁺ 4x10x



Ảnh 10- Pyroxen thoi và xiên đơn trong peridotit. Lm-KP-1291. N⁺, 4x10x

Từ viết tắt: Ant=Anthophylit; Ol=Olivin; Opx=Pyroxen thoi; Cpx= Pyroxen xiên đơn; Amp= Amphibol.

4.2. Kết quả phân tích thạch địa hóa

a- Đặc điểm thạch địa hóa

Thành phần phần trăm (%) các oxit của thành tạo siêu mafic trong vùng Tân Lập được thể hiện trong Bảng 1 có đối sánh với các đá siêu mafic xếp vào phức hệ Hiệp Đức.

Các giá trị nhỏ nhất, giá trị lớn nhất và trung bình của 15 mẫu trên được thể hiện trong Bảng 2.

Dựa trên cơ sở đối sánh với các nghiên cứu trước đây về phức hệ Hiệp Đức, các khối Hiệp Đức, Làng Hồi, Đăk Sa, Núi Vú, Phong Hanh, có thể nhận xét rằng chúng đều có chung đặc điểm hàm lượng SiO₂ thấp, biến thiên trong khoảng 35,92-46,28%. Hàm lượng MgO cao, dao động 19,01-38,5% (trung bình 32,46%). Tổng kiềm Na₂O+K₂O thấp (0,07-4,05%), với kiểu kiềm natri trội hơn kali (loạt sodic). Tổng sắt khá cao (trung bình 10,76%). Hàm lượng TiO₂ rất thấp 0,01-1,43 (trung bình 0,27%); còn thấp hơn nếu tính riêng cho siêu mafic vùng Tân Lập (chỉ 0,02%). P₂O₅ rất thấp (trung bình 0,02%). Hàm lượng Al₂O₃ khá thấp (0,56-3,62%).

Bảng 1- Thành phần phần trăm (%) các oxit của các thành tạo siêu mafic Tân Lập so sánh với các đá siêu mafic phức hệ Hiệp Đức

Khối	KP.123 4	KP.129 1	Khối Hiệp Đức				Khối Làng Hồi			Khối Đăk Sa			Khối Núi Vú		Khối Phong Hanh
Số T	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Tên đá	Harzbugit		Harzbugit				Harzbugit		Lerzolit	Harzbugit		Lerzolit	Harzbugit	Harzbugit	Olivinit
SiO ₂	40,76	39,28	41,46	38,9 2	43,2	46,3	40,5 4	44,9	39,5	38,4 4	39,5 8	41,12	44,4	39,12	35,92
TiO ₂	0,03	0,01	0,12	0,18	0,4	0,24	0,16	0,16	0,18	0,09	0,28	0,19	0,24	1,43	0,39
Al ₂ O ₃	2	0,97	0,84	2,94	1,82	1,95	0,56	1,52	2,11	0,58	1,58	1,1	1,76	1,89	3,62
Fe ₂ O ₃	7,86	10,73	3,9	6,9	5,68	3,78	5,99	3,56	1,77	4,39	11,8	8,01	2,88	11,58	24,86
FeO	-	-	2,27	2,58	2,63	3,68	1,86	2,78	2,81	4,97	5,67	1,8	3,96	8,43	4,22
MnO	0,11	0,05	0,04	0,07	0,04	0,06	0,07	0,06	0,09	0,11	0,11	0,09	0,19	0,26	3,38
MgO	38,24	38,5	37,61	33,8 6	32	31,8	37,3 2	32	34,4	35,4 6	31,6	33,08	30,4	19,01	21,52
CaO	0,38	0,03	0	0,06	0,37	0,24	0	0	0,48	0	0,36	0,18	0,36	0,65	0,48
Na ₂ O	0,07	0,06	0,1	0,25	1,33	0,33	0,1	1,58	3,25	2,73	0,55	3,32	1,75	0,88	0,13
K ₂ O	0,01	0,01	0,05	0,1	0,65	0,38	0,05	0,3	0,75	0,63	0,2	0,64	0,55	0,3	0,1
P ₂ O ₅	0,01	0,01	0,03	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0	0,02	0	0,01	0,01	0,15	0,02
S	-5,48	-10,01	-2,48	-4,67	2,48	6,71	-4,86	6,34	0,19	-6,58	-9,88	-2,05	6,75	-1,59	-18,45
A	2,46	1,07	0,99	3,35	4,17	2,9	0,71	3,4	6,59	3,94	2,69	5,24	4,42	3,72	4,33

Bảng 2- Xử lý số liệu thạch địa hóa các đá siêu mafic vùng Tân Lập và phức hệ Hiệp Đức

Oxit	Giá trị nhỏ nhất	Giá trị lớn nhất	Giá trị trung bình
SiO ₂	35,92	46,28	40,90
TiO ₂	0,01	1,43	0,27
Al ₂ O ₃	0,56	3,62	1,68
Fe ₂ O ₃	1,77	24,86	7,58
FeO	0	8,43	3,18
MnO	0,04	3,38	0,32
MgO	19,01	38,5	32,46

Oxit	Giá trị nhỏ nhất	Giá trị lớn nhất	Giá trị trung bình
CaO	0	0,65	0,24
Na ₂ O	0,06	3,32	1,10
K ₂ O	0,01	0,75	0,31
P ₂ O ₅	0	0,15	0,02

Bảng 3- Thành phần (%) các oxit chính trong các đá siêu mafic khu vực Tân Lập so sánh với các đá siêu mafic chuẩn

Oxit chính	Siêu mafic Tân Lập		Chondrit	Manti		Hyperbazit phức hệ Hiệp Đức			Harzbugit		Lerzolit		Hyperbazit alpin otip	Peridotit	Peridotit Altai	Harzbugit (trung bình)	Lerzolit	Hacbuagit bán đảo Kolski
	KP. 123 4	KP. 129 1	Peridotit gromna	Lerzolit*	Khối Hiệp Đức	Khối Làng Hồ	Khối Đăk Sa	Tổ hợp ophiolit	Đáy đại dương	Tổ hợp ophiolit	Đáy đại dương							
Số TT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
SiO ₂	40,76	39,28	47,04	44,04	45,7	42,46	42,73	40,53	43,8	45,2	44,6	45,4	40,49	40,49	39,74	40,55	43,25	42,69
TiO ₂	0,03	0,01	0,14	0,16	0,2	0,23	0,16	0,19	0,05	0,11	0,11	0,14	0,16	0,02	kph	0,12	0,21	0,27
Al ₂ O ₃	2	0,97	3,09	2,12	3,7	1,89	1,04	1,43	1,2	2,1	2,5	3,1	1,49	0,86	1,16	2,11	3,49	1,51
Fe ₂ O ₃	7,86	10,73	-	3,32	5,1	5,06	4,77	5,77	8,3	8,3	8,4	8,4	2,88	2,84	4,71	3,36	4,74	2,1
FeO			15,4	4,19	3,6	2,79	2,32	4,04					5,06	5,54	3,59	5,15	4,37	9,17
MnO	0,11	0,05	0,31	0,1	0,1	0,05	0,06	0,12	0,13	0,15	0,13	0,16	0,11	0,16	0,15	0,14	0,15	0,18
MgO	38,24	38,5	29,48	41,57	38,4	33,81	34,76	33,14	45,1	42,2	41,4	39,3	41,31	46,32	40,13	39,67	36,02	37,99
CaO	0,38	0,03	2,41	1,87	2,3	0,16	0	0,28	0,7	1,1	2,5	2,6	0,99	0,7	vết	1,18	3,75	1,2
Na ₂ O	0,07	0,06	0,81	0,44	0,3	0,5	0,84	2,32	0,1	0,2	0,2	0,3	0,04	0,1	vết	0,22	0,3	0,15
K ₂ O	0,01	0,01	0,11	0,1	0,1	0,29	0,04	0,55	0,03	0,06	0,05	0,06	0,01	0,04	kph	0,17	0,18	0,16
P ₂ O ₅	0,01	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Na ₂ O +K ₂ O	0,08	0,07	0,92	0,54	0,4	0,79	0,88	2,87	0,13	0,26	0,25	0,36	0,05	0,14	-	0,39	0,48	0,31
K ₂ O/Na ₂ O	0,14	0,17	0,14	0,23	0,33	0,58	0,05	0,24	0,3	0,3	0,25	0,2	0,25	0,4	-	0,77	0,6	1,07

Theo Bảng 3, có thể dễ dàng nhận thấy các đá siêu mafic vùng Tân Lập có đặc điểm thạch hóa tương đồng với các thành tạo manti trên và thành hệ hyperbasic kiểu alpi với đặc trưng cơ bản là giàu MgO (38%), thấp SiO₂ (39-41%), FeO* (sắt tổng) trung bình 7-11%, nghèo kiềm (tổng kiềm=0,08-0,48%) và rất thấp TiO₂<0,2%.

Hàm lượng (ppm) các nguyên tố vi lượng, nguyên tố hiếm-vết của thành tạo siêu mafic Tân Lập được thể hiện ở Bảng 4.

Hàm lượng các nguyên tố đất hiếm được chuẩn hóa với thiên thạch có dạng hơi dốc từ trái sang phải (Hình 2).

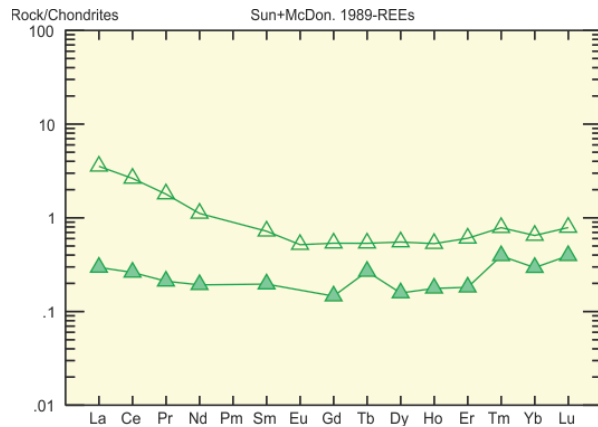
Hàm lượng của các nguyên tố vết được chuẩn hóa với NMORB cho thấy dị thường dương Cesi (Cs) và chì (Pb) (Hình 3), các nguyên tố có bán kính ion lớn (LIL) có hàm lượng cao hơn nhóm các nguyên tố trường lực mạnh (HFS). Đồ hình dốc lên từ Ti đến Lu giống với đặc trưng nhận biết magma kiểu kiến tạo trước cung (FA).

Biểu đồ Th/Yb-Nb/Yb cho thấy các đá siêu mafic Tân Lập không nằm trong trường manti (Hình 4). Đây là đặc trưng giống với kiểu ophiolit liên quan đến đới hút chìm theo nghiên cứu của Dilek và Furnes, 2011.

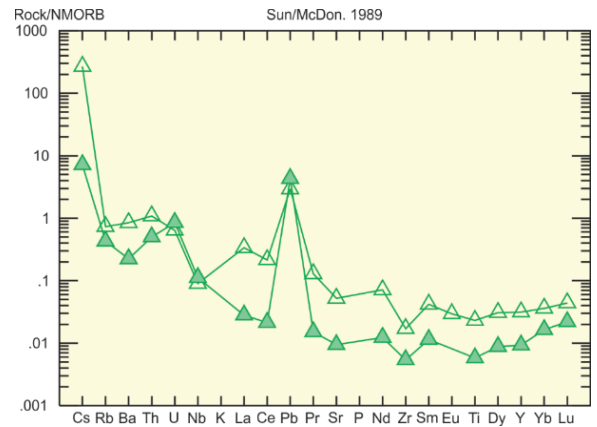
Bảng 4- Thành phần các nguyên tố vi lượng, hiếm-vết trong đá siêu mafic Tân Lập và phức hệ Hiệp Đức

Số TT	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Số hiệu mẫu	KP.1234	KP.1291	DL-3505/5	DL-3505/3	DL-3505/1	DL-3505/2	DL-3506/3	DL-3507/4	DL-3508/2
Li	2,43	4,12							
Be	0,03	0,1							
Sc	8,54	3,48							
Ti	175	44							
V	55	16,55							
Cr	2564	2875							
Mn	809	290							
Co	97	127							
Ni	2244	2392							
Cu	0,58	6,67							
Zn	53	67							
Ga	1,41	1,45							
As	0,7	0,15							
Se	0,09	0,03							
Rb	0,41	0,24	0,17	3,56	2,14	18,32	1,19	4,27	2,65
Sr	4,69	0,85	2	106	347	722	7	110	92
Y	0,88	0,26	1,12	5,12	2,43	1,97	2,09	1,94	3,77
Zr	1,26	0,4	0,71	1,66	1,54	2,86	2,89	3,37	2,93
Nb	0,21	0,26	0,07	0,55	0,09	0,69	1,1	5,61	0,32
Mo	0,89	0,68							
Cs	1,88	0,05							
Ba	5,33	1,41	2	133	12	217	24	19	41
La	0,84	0,07	0,18	0,5	0,43	0,43	0,238	0,417	0,384
Ce	1,61	0,16	0,42	1,03	0,87	0,93	0,5	0,85	0,83
Pr	0,17	0,02	0,07	0,16	0,12	0,16	0,078	0,112	0,132
Nd	0,52	0,09	0,33	0,85	0,58	0,78	0,294	0,458	0,696
Sm	0,11	0,03	0,1	0,36	0,16	0,24	0,108	0,161	0,335
Eu	0,03	0	0,02	0,19	0,17	0,35	0,039	0,104	0,224
Gd	0,11	0,03	0,13	0,53	0,26	0,32	0,187	0,227	0,476
Tb	0,02	0,01	0,03	0,13	0,04	0,07	0,039	0,053	0,111
Dy	0,14	0,04	0,14	0,84	0,23	0,28	0,266	0,347	0,607
Ho	0,03	0,01		0,2	0,05	0,07	0,061	0,071	0,137
Er	0,1	0,03	0,09	0,52	0,15	0,21	0,208	0,247	0,377
Tm	0,02	0,01	0,01	0,07	0,02	0,02	0,023	0,036	0,051
Yb	0,11	0,05	0,1	0,56	0,11	0,21	0,19	0,289	0,398
Lu	0,02	0,01	0,02	0,09	0,03	0,03	0,035	0,045	0,051
Hf	0,03	0,01	0	0,09	0,06	0,1	0,08	0,09	0,11

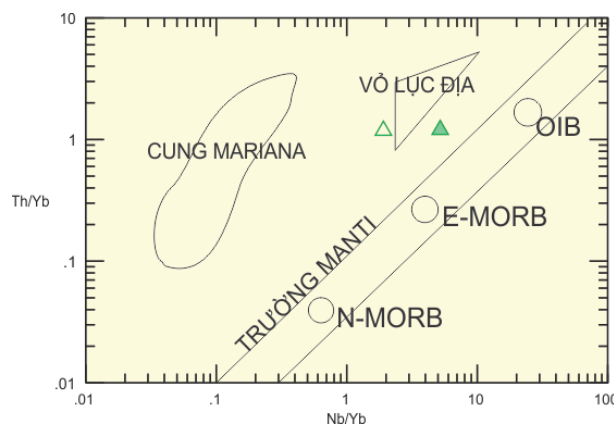
Số TT	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Số hiệu mẫu	KP.1234	KP.1291	DL-3505/5	DL-3505/3	DL-3505/1	DL-3505/2	DL-3506/3	DL-3507/4	DL-3508/2
Ta	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,11	0,02	0,69	0,08
W	3,14	3,29							
Pb	0,88	1,29							
Th	0,13	0,06	0,07	0,18	0,11	0,09	0,08	0,16	0,08
U	0,03	0,04	0,04	0,12	0,04	0,09	0,07	0,07	0,06



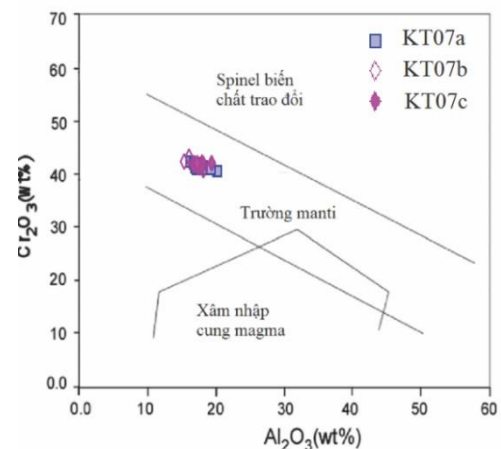
Hình 2- Chuẩn hóa siêu mafic Tân Lập với Chondrit (Sun & McDonough, 1989)



Hình 3- Chuẩn hóa siêu mafic Tân Lập với NMORB (Sun & McDonough, 1989)



Hình 4- Siêu mafic Tân Lập thể hiện trên biểu đồ Nb/Yb với Th/Yb (Pearce, 2008).



Hình 5- Biểu đồ Al_2O_3 và Cr_2O_3 trong cromspinel (Franz và Wirth, 2000).

b- Đặc điểm địa hóa của chromspinel

Các đá siêu mafic hình thành trong các đai tạo núi thường bị biến đổi, biến chất. Hiện nay các nhà địa chất trên thế giới thường sử dụng thành phần thạch địa hóa của các khoáng vật nguyên thủy còn sót lại (điển hình là chromspinel) như một công cụ hữu ích để xác định môi trường kiến tạo và đặc biệt là tính toán mức độ nóng chảy của manti nguồn.

Các kết quả phân tích thành phần địa hóa trong cromspinel của các đá siêu mafic vùng Tân Lập được trình bày ở Bảng 5.

Hai thành phần quan trọng trong crom-spinel là Al_2O_3 và Cr_2O_3 . Franz và Wirth đã sử dụng hai thành phần này để phân chia các môi trường thành tạo cromspinel khác nhau. Trên biểu đồ phân chia các môi

trường thành tạo này (Hình 5), các đá siêu mafic Tân Lập đều rơi vào trường manti, càng khẳng định thêm nguồn gốc từ manti của chúng như đã đề cập ở phần trước.

Bảng 5- Kết quả phân tích thành phần hóa học trên đơn khoáng cromspinel bằng phương pháp EPMA

Số hiệu mẫu	KP07a (Serpentinit)											KP07b (Serpentinit)		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1	2	3
Số TT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1	2	3
SiO ₂	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0,1	0
TiO ₂	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2
Al ₂ O ₃	17,2	17	17	16,3	18,1	18	16,8	17,6	20,2	19,2	19,3	17,4	18,2	18,2
Cr ₂ O ₃	40,9	41,2	41,9	42,3	41,4	40,9	41,9	42	40,5	41,3	40,9	41,3	40,7	41,8
Fe ₂ O ₃	11,2	10,1	10,6	10	9,5	9,6	10,8	9,3	7,6	8,6	8,5	10,5	9,6	9,1
FeO	22,6	24,8	22,9	24,8	23,3	24,2	22,5	24,4	21,7	21,9	23	22,6	23,8	23,2
MnO	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4
MgO	7,8	6,3	7,7	6,2	7,5	6,8	7,9	6,7	8,7	8,4	7,6	7,8	7,1	7,6
Tổng oxit	100,3	100	100,7	100,2	100,5	100,1	100,5	100,7	99,7	100	99,9	100,1	100,1	100,5
Si	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ti	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Al	0,7	0,7	0,6	0,6	0,7	0,7	0,6	0,7	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Cr	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1	1,1	1	1,1	1	1,1
Fe ³	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
Fe ²	0,6	0,7	0,6	0,7	0,6	0,7	0,6	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Mn	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mg	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4
Tổng cation	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Tổng oxi	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Mg# = Mg/(Mg+Fe ²)	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4
Cr# = Cr/(Cr+Al)	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Fe ³ # = Fe ³ /(Fe ³ +Al+Cr)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Fe ² /Fe ³	2,3	2,7	2,4	2,8	2,7	2,8	2,3	2,9	3,2	2,8	3	2,4	2,8	2,8
F nóng chảy	24	24	24	24	23,9	23,9	24	24	23,9	23,9	23,9	24	23,9	23,9

(Tiếp theo bảng 5)

Số hiệu mẫu	KP07b (Serpentinit)							KP07c (Serpentinit)						
	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO ₂	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TiO ₂	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Al ₂ O ₃	16,1	16,9	17,5	15,4	18	19,4	17,3	17,9	16,7	17,8	17,3	16,9	17,3	17,3
Cr ₂ O ₃	43,2	41,9	41,4	42,3	42,1	42	41,6	41,3	41,7	41,4	41,4	41,6	41,6	42
Fe ₂ O ₃	10,5	10,2	10,2	10,9	9	7,6	10,4	9,6	11,1	9,3	10,9	9,6	9,9	9,5
FeO	21,2	23,2	22,7	26	22,1	23,4	22,8	23,8	22,8	24,5	22,8	24,9	23,2	23,5

Số hiệu mẫu	KP07b (Serpentinit)							KP07c (Serpentinit)							
	Số TT	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MnO	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
MgO	8,5	7,3	7,7	5,3	8,1	7,5	7,7	7	7,7	6,5	7,7	6,2	7,3	7,2	
Tổng oxit	100,2	100,1	100,2	100,4	99,9	100,3	100,4	100,2	100,5	100,1	100,7	99,9	99,8	100,1	
Si	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Ti	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Al	0,6	0,7	0,7	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	
Cr	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	
Fe ³	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	
Fe ²	0,6	0,6	0,6	0,7	0,6	0,6	0,6	0,7	0,6	0,7	0,6	0,7	0,6	0,6	
Mn	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mg	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	
Tổng cation	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Tổng oxi	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
Mg# = Mg/(Mg+Fe ²)	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	0,4	
Cr# = Cr/(Cr+Al)	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	
Fe ³ # = Fe ³ /(Fe ³ +Al+Cr)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
Fe ² /Fe ³	2,2	2,5	2,5	2,7	2,7	3,4	2,4	2,8	2,3	2,9	2,3	2,9	2,6	2,7	
F nóng chảy	24	24	24	24	24	23,9	24	24	24	24	24	24	24	24	

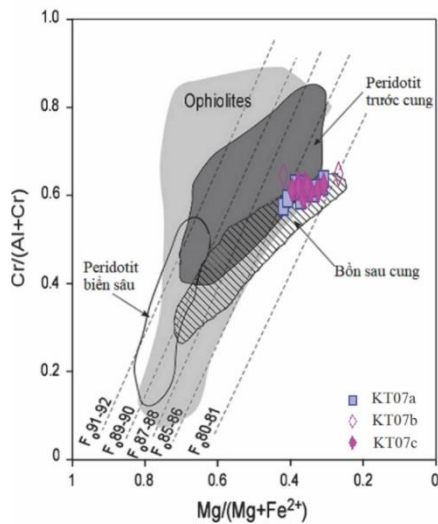
Trên Hình 6, các đá siêu mafic Tân Lập nằm trong vùng chông lán giữa peridotit trước cung và bôn sau cung. Tuy chưa thể khẳng định chúng thuộc môi trường nào, nhưng chắc chắn chúng có liên quan đến đới hút chìm (SSZ), chứ không phải đới tách giãn giữa đại dương (MOR).

Các đá siêu mafic Tân Lập chủ yếu thuộc kiểu peridotit của đới hút chìm (SSZ) với đặc trưng dễ nhận biết là với cùng tỉ lệ Fe²⁺/Fe³⁺ thì siêu mafic thuộc tổ hợp liên quan đến đới hút chìm thường có thành phần Al₂O₃ thấp hơn so với siêu mafic trong đới tách giãn giữa đại dương (Hình 7).

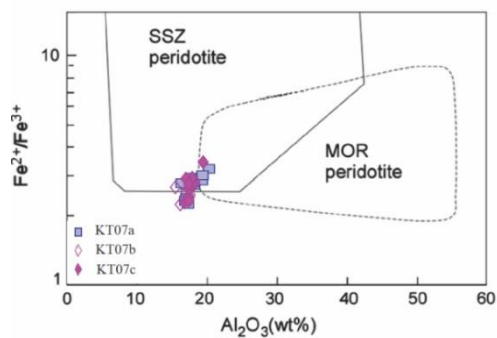
Hình 8 cho thấy cromspinel trong siêu mafic vùng Tân Lập nằm trong trường peridotit trước cung với mức độ nóng chảy nguồn manti đạt từ 30- 35%. Chúng cũng có đặc điểm khá gần gũi với peridotit vùng Núi Nưa (Thanh Hóa).

5. Thảo luận

Từ những phân tích và tổng hợp các kết quả đã nghiên cứu, có thể nhận định về nguồn gốc các đá siêu mafic vùng Tân Lập như sau: Các đá này có nguồn gốc ban đầu từ phần manti trên của thạch quyển đại dương, đã trải qua quá trình nóng chảy từng phần với mức độ nóng chảy khá cao khoảng 30-35%. Nơi hình thành chúng là bối cảnh kiến tạo trước cung của đới hút chìm, có nhiệt độ thấp (antigorit chiếm phần lớn, không có các đới tôi cứng và biến chất tiếp xúc) và áp suất cao. Ngoài ra chúng còn thể hiện những đặc điểm của tổ hợp ophiolit kiểu alpi có liên quan đến đại tạo núi.

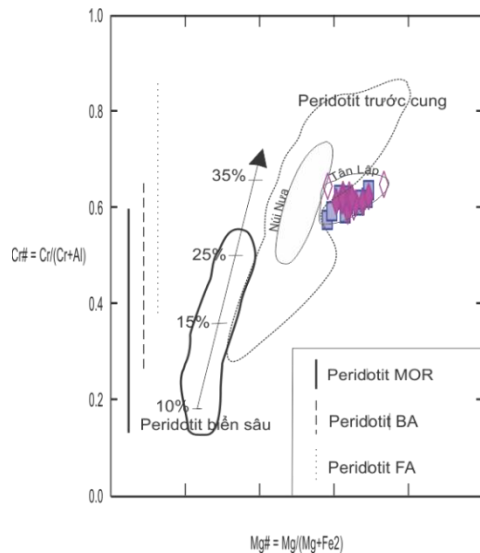


Hình 6- Biểu đồ $Cr^{\#}$ - $Mg^{\#}$ của cromspinel. Ranh giới các trường theo Dick và Bullen (1984), Bloomer và ntk. (1995), và Ohara và ntk (2002). Các đường thể hiện số theo Forsterit theo Kamenetsky và ntk (2001).



Hình 7 - Biểu đồ Al_2O_3 và Fe^{2+}/Fe^{3+} thể hiện các trường peridotit đới hút chìm (SSZ) và dãy núi giữa đại dương (MOR) theo Kamenetsky và ntk (2001).

Hiện nay chưa có các kết quả phân tích tuổi đồng vị cho các đá siêu mafic trong vùng nghiên cứu, tuy nhiên so sánh với lịch sử phát triển địa chất của vùng, cũng như kết quả phân tích tuổi đồng vị đá gneis amphibol (KP.880) và đá phiến thạch anh-biotit (KP.1689) thuộc phức hệ Khâm Đức trong diện tích Đề án Kon Plong bằng phương pháp U-Pb trên zircon (Trần Duân, 2016, 2019) là $458,5 \pm 8,8$ đến $455 \pm 9,5$ Tr.n, ứng với Ordovic giữa-muộn thuộc chu kỳ tạo núi Trung Bộ Việt Nam, tương đương với chuyển động Caledoni ở Bắc Âu. Trên cơ sở đó có thể nhận thấy rằng các thành tạo siêu mafic cùng với mafic và các đá trầm tích bị biến chất đến tương amphibolit (phức hệ Khâm Đức) trong vùng Tân Lập nói riêng và trong diện tích nhóm tờ Kon Plong nói chung, là kết quả của chu kỳ tạo núi Trung Bộ Việt Nam trong Ordovic-Silur, khi lãnh thổ Việt Nam chủ yếu thuộc Gondwanaland ở Nam bán cầu.



Hình 8- Biểu đồ tương quan giữa Mg# và Cr# trong khoáng vật cromspinel. Trường peridotit biển sâu theo Dick và Bullen, 1984. Dữ liệu cho spinel của peridotit trước cung từ Ishi và nnk (1992). Đường thể hiện mức độ nóng chảy peridotit (theo Hirose và Kawamoto, 1995).

Kết luận

Các đá siêu mafic vùng Tân Lập gồm peridotit, serpentinit-apodunit, pyroxenit, hornblendit cùng các loại đá biến chất nguồn gốc siêu mafic như anthophylit và chrysotil thường lộ dưới dạng thấu kính hoặc chỉnh hợp với các đá vây quanh, rộng khoảng từ vài mét đến hàng chục mét, kéo dài từ vài chục mét đến vài trăm mét theo phương đông bắc-tây nam, ranh giới rõ ràng. Thành phần khoáng vật chủ yếu là olivin và pyroxen, cấu tạo định hướng, kiến trúc hạt toàn tự hình biến dư các biến đổi serpentin hóa và amphibol hóa phổ biến.

Kết quả phân tích đơn khoáng crompinel trong các đá siêu mafic và mafic vùng Tân Lập cho thấy chúng có nguồn gốc ban đầu từ manti trên, nơi đã trải qua quá trình nóng chảy từng phần với mức độ nóng chảy khá cao khoảng 30-35%. Các đá này được hình thành trong bối cảnh kiến tạo trước cung của đới hút chìm, phù hợp với kết quả phân tích các đặc điểm thạch học khoáng vật, thạch địa hóa.

Lời cảm ơn: Bài báo được tài trợ bởi Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh (ĐHQG Tp.HCM) trong khuôn khổ đề tài mã số C2018-18-21. Cảm ơn Dr. Kenta Kawaguchi, Phòng thí nghiệm EPMA trường Đại học Hiroshima, Nhật Bản và GS Wang Wei hỗ trợ phân tích XRF và ICP-MS tại Đại học Địa chất Trung Quốc.

Xin gửi đến tập thể cán bộ kỹ thuật Đề án “Lập bản đồ địa chất và điều tra khoáng sản tỷ lệ 1:50.000 nhóm tờ Kon Plong” lời cảm ơn chân thành đã tham gia trong việc thu thập các tài liệu ngoài trời và trong phòng.

Văn liệu

Bùi A. Niên, 2008. “Đặc điểm khoáng vật học của cromspinel trong các thành tạo siêu mafic khối Núi Nưa (Đới Sông Mã)”. *Tạp chí Các khoa học về trái đất*, 30 (3), 199-209.

Nguyễn X. Bao (chủ biên), 1995. Báo cáo hiệu đính bản đồ địa chất và khoáng sản miền Nam Việt Nam tỷ lệ 1:200.000. *Lưu trữ Trung tâm Thông tin-Lưu trữ Địa chất. Hà Nội.*

Claude Lévrier, N.V. Vuong, H. Maluski, P.T.Thi, V.V.Tich, 2008. “Indosinian tectonic in Vietnam”. *C. R. Geoscience*, 340, 94-111.

Dilek và Furnes, 2011. “Ophiolite genesis và global tectonics: Geochemical và tectonic fingerprinting of ancient oceanic lithosphere”. *Geological Society of America Bulletin*, 123, 387-411.

Thân Đ. Duyệt (chủ biên), 1999. Báo cáo kết quả đo vẽ bản đồ địa chất và tìm kiếm khoáng sản nhóm tờ Quảng Ngãi tỷ lệ 1:50.000. *Lưu trữ Trung tâm Thông tin-Lưu trữ Địa chất. Hà Nội.*

É. Besdard, 2009. “Petrology và geochemistry of the Saga và Sangsang ophiolitic massifs, Yarlung Zangbo Suture Zone, Southern Tibet: Evidence for an arc-back-arc origin”, *Lithos*, 113, 48-67.

Henry J.B. Dick và Thomas Bullen, 1984. “Chromian spinel as a petrogenetic indicator in abyssal và alpine-type peridotites và spatially associated lavas”, *Contrib Mineral Petrol*, 86, 54-76.

Kei Hirose, Tatsuhiro Kawamoto, 1995. “Hydrous partial melting of lherzolite at 1 Gpa: The effect of H₂O on the genesis of basaltic magmas”, *Earth và Planetary Science Letters*, 133, 463-473.

- Nguyễn Q. Lộc (chủ biên), 1995.** Báo cáo kết quả đo vẽ bản đồ và điều tra khoáng sản nhóm từ Đăk Tô tỷ lệ 1:50.000. *Lưu trữ Trung tâm Thông tin-Lưu trữ Địa chất*. Hà Nội.
- Trần Đ. Lương, Nguyễn X. Bao (chủ biên), 1988.** Bản đồ Địa chất Việt Nam tỷ lệ 1:500.000. *Cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam*. Hà Nội.
- Tran N. Nam, 1998.** “Thermotectonic events from Eparly Proterozoic to Miocene in the Indochina craton: implication of K-Ar ages in Vietnam”, *Journal of Asian Earth Sciences*, 16(5-6), 475-484.
- Peter J. Wyllie, 1969.** “The origin of ultrabasic và ultramafic rocks”, *Tectonophysics*, 7(5-6), 437-455.
- Shoji Arai, 1994.** “Characterization of spinel peridotites by olivine-spinel compositional relationships: Review và interpretation”, *Chemical Geology*, 113, 191-204.
- Stephen J. Edwards và John Malpas, 1995.** “Multiple origins for mantle harzburgites: examples from the Lewis Hills, Bay of Islvàs ophiolite, Newfoundlvà”, *Can. J. Earth Sci.*, 32, 1046-1057.
- Surendra P. Verma, Salil Agrawal,** “New tectonic discrimination diagrams for basic và ultrabasic volcanic rocks through log-transformed ratios of high field strength elements và implications for petrogenetic processes”, *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 28(1), 24-44.
- Trần Tính (chủ biên), 1994.** Báo cáo kết quả lập bản đồ địa chất và tìm kiếm khoáng sản nhóm từ Kon Tum-Buôn Mê Thuột tỷ lệ 1:200.000. *Lưu trữ Trung tâm Thông tin-Lưu trữ Địa chất*. Hà Nội.
- Ngo X. Thanh, Mai T. Tu, Tetsumaru Itaya, Sanghoon Kwon, 2011.** “Chromian-spinel compositions from the Bo Xinh ultramafics, Northern Vietnam: Implications on tectonic evolution of the Indochina block”, *Journal of Asian Earth Sciences*, 42, 258-267.
- Ngô X. Thành, Phạm T. Hiếu, P.N.Dũng, 2015.** “Mức độ nóng chảy nguồn manti của các đá peridotit vùng Núi Nưa, tỉnh Thanh Hóa và ý nghĩa luận giải kiến tạo”, *Tạp chí Địa chất*, (350), 1-10.
- Nguyễn V. Trang (chủ biên), 1985.** Báo cáo kết quả đo vẽ địa chất và tìm kiếm khoáng sản loạt từ Huế-Quảng Ngãi tỷ lệ 1:200.000. *Lưu trữ Liên đoàn Bản đồ Địa chất miền Nam. TP Hồ Chí Minh*.
- Trần V. Trị và Vũ Khúc, 2009.** Địa chất và tài nguyên Việt Nam. *NXB. KHTN & CN, Hà Nội*.
- Trevor H. Green, D. H. Green và A. E. Ringwood, 1967.** The Origin of high-alumina basalts và their relationships to quartz tholeiites và alkali basalts, *Earth và Planetary Science Letters*, 2, 41-51.
- Huỳnh Trung, Trần P. Hưng, Lê Đ. Phúc, Nguyễn K. Hoàng, Trần Đ.Thắng, T.C.Cường, 2009.** “Đặc điểm địa chất và nguồn gốc thành tạo các đá siêu mafic (serpentinit) phức hệ Hiệp Đức”, *Tạp chí phát triển KH&CN*, 12 (10), 89-102.
- Vincent J. M. Salters, Vareas Stracke, 2004.** Composition of the depleted mantle, *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 5(5).
- Nguyễn V. Ý, 2017.** Bách khoa thư địa chất. *NXB. ĐHQGHN, 1141-1143*.
- Yaoling Niu, Charles H.Langmuir, Rosamond J.Kinzler, 1997.** The origin of abyssal peridotites: a new perspective. *Earth và Planetary Science Letters*, 152, 251-265.
- Yasushito Osanai, 2008.** “Collision zone metamorphism in Vietnam và adjacent South-eastern Asia: Proposition for Trans Vietnam Orogenic Belt”. *Journal of Mineralogical và Petrological Sciences*, 103, 226-241.
- Yildirim Dilek, Harald Furnes, 2014.** “Ophiolites và their origins”. *Elements*, 10,93-100