

ĐẶC ĐIỂM ĐỊA HÓA CỦA CÁC ĐÁ LAMPROPHYR TUỔI TRIAS RÌA KHỐI NHÔ KON TUM

TRẦN TUẤN ANH, TRẦN TRỌNG HÒA, NGÔ THỊ PHƯỢNG,
PHẠM THỊ DUNG, MAI KIM VINH

I. MỞ ĐẦU

Lamprophyr là các thành tạo magma khá phổ biến. Mặc dù có khối lượng rất nhỏ với các đặc trưng thạch sinh tương đối đặc biệt, nhưng các đá lamprophyr cung cấp rất nhiều thông tin quan trọng về quá trình tiến hóa magma từ nguồn Manti. Hơn nữa, nghiên cứu quá trình thành tạo của chúng cũng cho các thông tin về hoạt động magma Manti dạng thạch quyển sau tách giãn và sau tạo núi.

Nét đặc biệt của hoạt động magma Permi-Trias miền Trung và Tây Nguyên (MT&TN) là sự xuất hiện các đai mạch lamprophyr kiềm - minet. Chúng được ghi nhận ở một số khu vực thuộc khối nhô Kon Tum, xuyên cắt các thành tạo trầm tích biến chất Proterozoi, trachydazit và granosyenit-porphyr tuổi Trias. Bài báo trình bày đặc điểm địa hóa của các đá lamprophyr để luận giải các quá trình tiến hóa magma.

II. ĐẶC ĐIỂM ĐỊA CHẤT VÀ THẠCH HỌC CÁC ĐÁ LAMPROPHYR

Các đá lamprophyr xuất hiện rải rác ở một số khu vực thuộc khối nhô Kon Tum trong các điều kiện địa chất khác nhau.

Tại khu vực Đak Long và nam Đak Tô, các đai mạch mafic và siêu mafic kiềm kali có kích thước rất khác nhau; chiều rộng từ 0,5 m đến 3,7 m, chiều dài quan sát được trên 100 m, kéo dài theo phương đông bắc - tây nam và á kinh tuyến. Chúng xuyên cắt các trầm tích biến chất hệ tầng Khâm Đức (NP *kđ*) và các granitoid được xếp vào phức hệ Hải Vân [5, 8, 20] (hình 1).

Tại khu vực Măng Xim, các đai mạch mafic và siêu mafic kiềm kali rộng từ 0,5 m đến vài mét, chiều dài quan sát được trên 100 m, kéo dài theo các phương khác nhau, đôi khi phân bố có dạng tỏa tia. Chúng xuyên cắt các đá biến chất hệ tầng Tắc Pô (PP *tp*), Khâm Đức (NP *kđ*) và granitoid Quế Sơn [16].

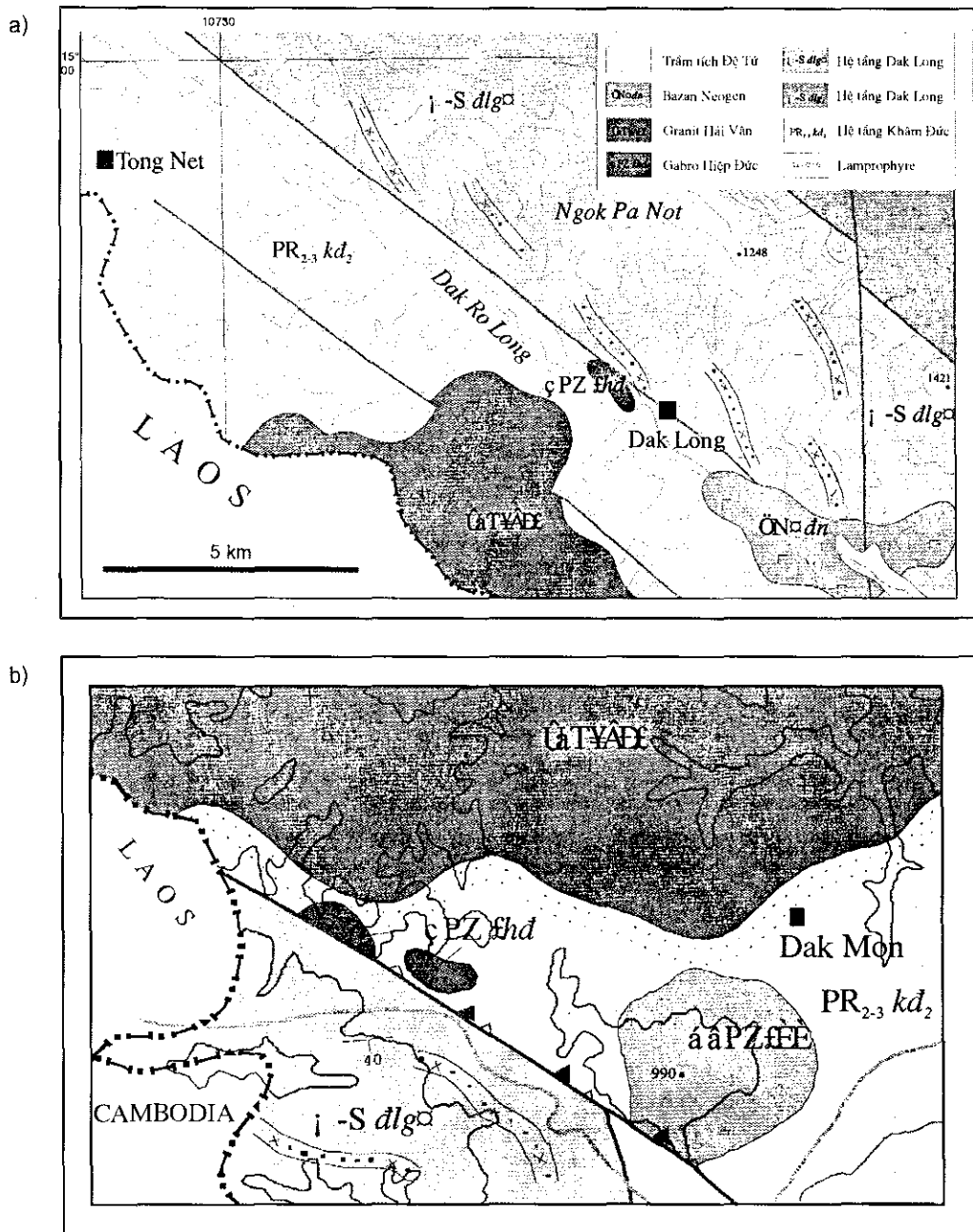
Tại khu vực Ba Bích - Ba Trang và An Quang, các đai mạch mafic và siêu mafic kiềm kali có chiều rộng từ 1,4 m đến trên 5,0 m; kéo dài trên 50 m theo phương đông bắc - tây nam và á kinh tuyến [19, 21]. Chúng có quan hệ xuyên cắt các đá biến chất hệ tầng Đak Lô (NA-PP *đl*) và Kim Sơn (NA-PP *ks*). Các đai mạch thường có thể nằm dốc đứng, ranh giới tiếp xúc với đá vây quanh rõ nét.

Về quan hệ địa chất, cho đến nay chưa phát hiện các đai mạch lamprophyr xuyên cắt các thành tạo trẻ hơn Trias muộn (T_3). Theo kết quả phân tích tuổi tuyệt đối (K/Ar) mẫu mafic và siêu mafic kiềm kali vùng Đak Long (ĐL.422/1) cho tuổi 223,9 tr.n [21]. Kết quả xác định tuổi đồng vị (Ar-Ar) theo Phl từ minet khu vực Đak Ripen và Đak Long cho tuổi 228-246 tr.n [3]. Vì vậy tuổi của các thành tạo lamprophyr miền Trung Việt Nam (MTVN) được xếp vào Trias muộn.

Nhìn chung, về đặc điểm thạch học, tất cả các đá mafic kiềm kali MTVN đều có kiến trúc pocfia, tạo nên do các ban tinh có kích thước lớn nằm riêng lẻ hoặc tập trung thành từng đám, nổi trên nền vi tinh. Thành phần ban tinh chủ yếu là clinopyroxen, biotit, đôi khi có plagioclas và/hoặc feldspar kali. Trong một số mẫu thu thập ngoài các khoáng vật trên còn có amphibol tham gia vào thành phần ban tinh. Nền bao gồm tập hợp vi tinh của các khoáng vật clinopyroxen, biotit, plagiocla, feldspar kali, trong đó plagiocla và feldspar kali chiếm phần chủ yếu [2]. Tuy vậy, lamprophyr thuộc các khu vực khác nhau có những điểm đặc trưng riêng biệt.

III. ĐẶC ĐIỂM ĐỊA HOÁ CÁC THÀNH TẠO LAMPROPHYR MIỀN TRUNG VÀ TÂY NGUYÊN

Hàm lượng nguyên tố chính được phân tích bằng huỳnh quang tia X (XRF), các nguyên tố hiếm và đất hiếm được phân tích bằng ICP-MS tại Viện Địa chất



Hình 1. Sơ đồ phân bố một số thành tạo lamprophyr MTVN
a) Dak Long, b) Dak Mon (trên cơ sở bản đồ Địa chất tỷ lệ 1:200.000)

- Khoáng vật học Novosibirsk, Viện Hàn lâm Khoa học Nga. Các tỷ lệ đồng vị được Ts Nguyễn Hoàng phân tích tại Cục Địa chất Nhật Bản.

1. Đặc điểm nguyên tố chính

Thành phần hoá học nguyên tố chính của các biến loại lamprophyr thuộc các khu vực khác nhau trong

vùng nghiên cứu được liệt kê trong các bảng 1, 2. Về mặt địa hoá, các đá lamprophyr MTVN có thành phần siêu kiềm kali đến shoshonit (hình 2), đặc trưng bởi sự hiện diện của các khoáng vật tạo đá (normative) : Di+Or, một số mẫu có Ab, An và Ol (bảng 1). Các khoáng vật quặng chủ yếu là $Ap \pm Mt \pm Hm$, trong đó apatit luôn có mặt ở trong

Bảng 1. Thành phần hoá học đại diện (% tl.) và thành phần khoáng vật CIPW của các lamprophyre MT&TN

	Bồng Sơn	Măng Xim	Ba Tư						Đak Long		
	BS 10626/1	BT 27757	BT 18153/1	BT 27622	BT 27755	BT 27623/1	BT 27763	BT 27763/1	DLG 29/1	DLG 30	DLG 426
SiO ₂	57,87	61,30	48,08	51,33	58,23	52,42	52,46	53,59	53,41	56,68	56,50
TiO ₂	1,27	0,78	0,78	1,19	0,92	1,18	1,26	1,13	1,27	1,33	1,07
Al ₂ O ₃	12,53	14,84	11,58	11,56	13,19	12,04	10,97	13,20	13,23	11,46	11,53
Fe ₂ O ₃	5,42	5,96	9,12	6,99	6,15	7,32	8,38	7,05	8,23	6,09	6,53
MnO	0,10	0,09	0,19	0,12	0,10	0,12	0,14	0,13	0,17	0,10	0,12
MgO	4,08	2,80	9,99	8,29	4,18	9,39	9,71	7,32	6,15	6,18	6,06
CaO	4,42	3,30	10,44	7,93	5,66	5,51	7,67	5,19	7,23	5,66	6,50
Na ₂ O	2,41	1,90	1,73	1,99	2,42	1,00	1,00	1,77	2,43	1,75	1,74
K ₂ O	8,70	7,82	3,66	4,71	7,03	7,35	6,36	7,79	4,94	8,52	7,10
P ₂ O ₅	0,91	0,47	0,46	1,00	0,75	1,02	0,78	1,08	0,73	1,09	1,09
LOI	1,35	0,72	3,05	3,79	0,68	1,53	0,71	0,76	1,33	0,46	1,31
Tổng	99,06	100,31	99,08	98,90	99,31	99,28	99,79	99,65	99,12	99,32	99,55
Na ₂ O+K ₂ O	11,11	9,72	5,39	6,70	9,45	8,35	7,36	9,56	7,37	10,27	8,84
K ₂ O/Na ₂ O	3,61	4,12	2,12	2,37	2,9	7,35	6,36	4,40	2,03	4,87	4,08
Q	6,49	11,36	0,00	0,22	5,01	0,00	0,00	0,00	2,10	3,36	4,04
C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Or	52,66	46,60	22,54	29,29	42,16	44,66	38,10	46,90	29,88	50,98	42,75
Ab	0,00	16,18	13,47	17,68	20,74	8,68	8,56	15,23	21,00	0,00	14,97
An	0,00	8,87	13,52	9,10	4,37	6,77	6,69	5,09	10,79	0,00	2,67
Ne	0,00	0,00	0,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lc	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ac	16,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,19	0,00
Ns	0,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Di	13,21	3,77	29,23	20,29	15,28	11,79	21,17	11,42	16,74	17,07	18,38
DIWo	7,08	2,03	15,70	10,90	8,21	6,33	11,37	6,13	8,99	9,17	9,87
DIEn	6,03	1,75	13,53	9,39	7,08	5,46	9,80	5,29	7,75	7,90	8,51
DIFs	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Hy	4,49	5,30	0,00	12,40	3,52	12,99	11,66	3,92	7,97	7,73	6,91
HyEn	4,41	5,30	0,00	12,40	3,52	12,99	11,66	3,92	7,97	7,73	6,91
Ol	0,00	0,00	8,73	0,00	0,00	3,96	2,19	6,59	0,00	0,00	0,00
OlFo	0,00	0,00	8,73	0,00	0,00	3,96	2,19	6,59	0,00	0,00	0,00
Mt	0,00	0,30	0,65	0,43	0,34	0,40	0,46	0,42	0,58	0,34	0,39
Hm	0,00	5,80	9,05	7,06	6,00	7,24	8,17	6,89	8,02	1,36	6,38
Il	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ap	2,04	1,03	1,05	2,30	1,65	2,29	1,72	2,39	1,62	2,40	2,42
C _I	17,71	9,38	38,61	33,11	19,14	29,14	35,48	22,35	25,30	25,13	25,68
D _I	59,15	74,14	36,96	47,19	67,90	53,34	46,66	62,13	52,98	54,34	61,75

Bảng 1 (tiếp theo)

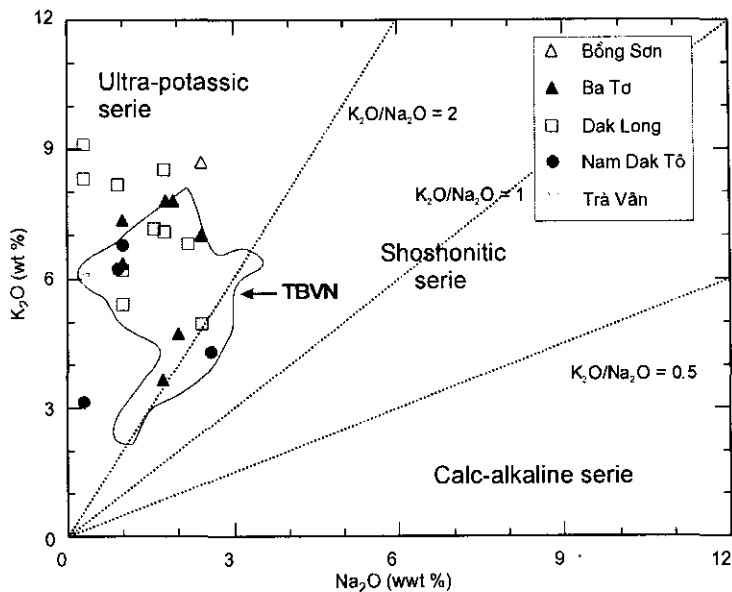
	Đak Long							Nam Đak Tô				Trà Văn
	DLG-422/1	DLG-424	DLG-426/4	DLG-427/2	DLG-428/1	DLG-429	DLG-430/1	KT-2563/1	KT-2666/2	KT-5163A	KT-7034/1	TT-1269
SiO ₂	53,32	50,13	59,48	50,70	54,47	57,04	54,47	48,97	46,57	51,95	51,87	45,56
TiO ₂	1,44	1,71	0,97	1,00	1,07	1,03	0,96	1,03	0,73	1,15	1,23	1,59
Al ₂ O ₃	12,80	12,91	13,37	11,53	12,32	12,20	12,01	12,14	10,67	15,24	11,63	10,03
Fe ₂ O ₃	6,99	12,21	6,45	8,13	7,88	7,05	8,22	8,44	10,25	9,18	7,86	10,31
MnO	0,17	0,34	0,10	0,16	0,15	0,18	0,17	0,16	0,23	0,14	0,14	0,15
MgO	4,96	6,09	4,20	11,32	5,95	5,59	8,47	6,68	12,07	4,88	7,52	12,33
CaO	4,15	2,35	3,87	7,16	6,57	5,31	5,17	7,70	6,06	7,40	8,63	9,87
Na ₂ O	0,30	0,30	2,17	1,00	1,56	0,92	1,00	0,99	0,30	2,57	0,91	0,30
K ₂ O	9,12	8,31	6,82	5,41	7,16	8,20	6,20	6,79	3,12	4,30	6,24	5,99
P ₂ O ₅	1,44	1,83	0,71	1,03	1,07	0,90	0,92	0,84	0,27	0,76	1,06	1,74
LOI	3,61	3,21	1,05	1,31	1,16	0,80	1,67	5,74	8,51	2,39	2,62	0,88
Tổng	98,50	99,53	99,46	99,15	99,76	99,65	99,67	99,88	98,62	100,37	99,90	99,03
Na ₂ O+K ₂ O	9,42	8,61	8,99	6,41	8,72	9,12	7,2	7,78	3,42	6,87	7,15	6,29
K ₂ O/Na ₂ O	30,40	27,7	3,14	5,41	4,59	8,91	6,20	6,86	10,4	1,67	6,86	19,97
Q	5,46	7,31	9,99	0,00	2,26	6,40	5,84	0,00	5,13	2,60	1,57	0,00
C	0,00	3,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Or	56,97	51,11	41,10	32,84	43,13	49,28	37,58	42,85	20,44	26,07	38,02	33,07
Ab	2,68	2,64	18,69	8,67	13,43	7,90	8,66	8,93	2,81	22,26	7,92	0,00
An	6,94	0,97	6,66	11,23	5,51	4,95	10,16	9,14	20,50	17,73	9,44	8,46
Ne	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,40
Lc	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,46
Ac	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ns	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Di	4,59	0,00	6,72	14,79	16,55	12,81	8,23	20,50	8,61	11,93	22,00	24,23
DIWo	2,47	0,00	3,61	7,94	8,89	6,88	4,42	11,01	4,62	6,41	11,81	13,01
DIEn	2,13	0,00	3,11	6,85	7,66	5,93	3,81	9,49	3,99	5,52	10,18	11,22
DIFs	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Hy	10,97	15,83	7,59	16,95	7,48	8,27	17,89	1,79	29,44	6,98	9,18	0,00
HyEn	10,97	15,83	7,59	16,95	7,48	8,27	17,89	1,79	29,44	6,98	9,18	0,00
Ol	0,00	0,00	0,00	3,67	0,00	0,00	0,00	4,58	0,00	0,00	0,00	14,20
OlFo	0,00	0,00	0,00	3,67	0,00	0,00	0,00	4,58	0,00	0,00	0,00	14,20
Mt	0,60	1,16	0,34	0,54	0,50	0,61	0,56	0,55	0,82	0,47	0,46	0,50
Hm	6,97	11,90	6,34	7,97	7,68	6,74	8,04	8,63	10,79	9,09	7,78	10,19
Il	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ap	3,31	4,15	1,59	2,31	2,38	1,99	2,06	1,95	0,65	1,70	2,37	3,87
C ₁	16,16	16,99	14,65	35,95	24,53	21,69	26,68	27,41	38,87	19,38	31,64	38,93
D ₁	65,10	61,05	69,78	41,51	58,81	63,58	52,08	51,77	28,38	50,93	47,51	36,93

Bảng 2. Thành phần các nguyên tố hiếm và đất hiếm (ppm) của các lamprophyre MT&TN

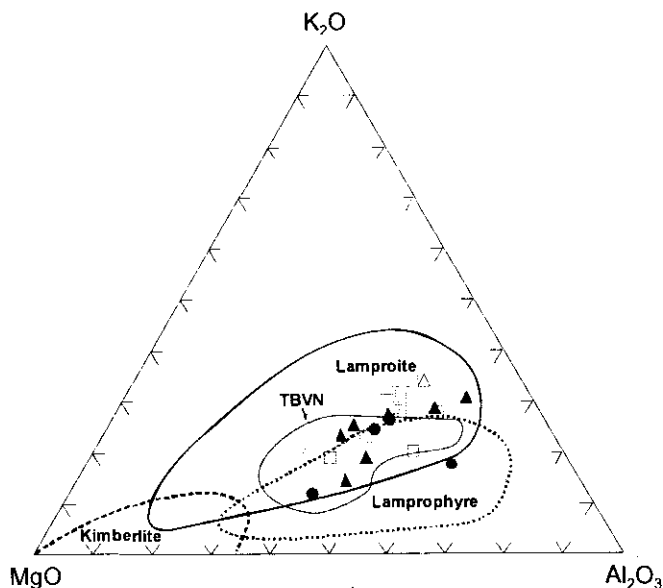
	Bồng Sơn		Ba Tơ		Đak Long				Nam Đak Tô		Trà Văn
	BS-10626/1	BT-18153/1	BT-27622	BT-27755	DLG-29/1	DLG-30	DLG-426	DLG-428/1	KT-2666/2	KT-7034/1	TT-1269
Ba	2739,00	520,00	2159,00	3360,00	2573,00	2428,00	2530,00				
Rb	411,00	161,00	196,00	455,00	210,00	424,00	577,00	317,00	150,00	298,00	299,00
Sr	687,00	488,00	999,00	915,00	855,00	602,00	409,00	800,00	657,00	556,00	752,00
Ga	20,80	9,61	13,20	15,40	17,30	15,10	19,50	20,20	5,79	14,00	11,70
Ta	1,10	0,43	1,10	1,20	0,87	0,98	1,10				
Nb	23,00	8,80	21,00	21,00	17,00	24,00	21,00	21,80	7,39	27,40	12,30
Hf	21,00	51,00	22,00	15,00	15,00	16,00	12,00				
Zr	762,00	200,00	854,00	533,00	521,00	590,00	424,00	474,00	130,00	488,00	103,00
Y	36,00	39,00	37,00	34,00	30,00	29,00	31,00	37,90	19,50	32,70	34,70
Th	38,00	16,00	48,00	69,00	38,00	55,00	86,00	92,00	24,30	72,00	23,60
U	5,20	4,60	8,70	11,00	6,70	8,40	14,00	1,58	1,11	1,25	1,24
Cr	191,00	515,00	409,00	130,00	215,00	364,00	254,00	90,00	84,00	78,00	156,00
Ni	132,00	270,00	746,00	189,00	328,00	206,00	396,00	47,10	94,00	70,00	152,00
Co	21,00	51,00	44,00	25,00	41,00	25,00	37,00				
V	137,00	216,00	177,00	145,00	174,00	166,00	160,00	233,00	153,00	184,00	238,00
Cu	40,00	31,00	36,00	97,00	33,00	57,00	24,00	104,00	95,00	35,00	74,00
Pb	142,00	14,30	32,70	39,30	23,50	104,00	15,30	30,00	10,20	61,00	4,02
Zn	93,00	89,00	86,00	61,00	77,00	78,00	83,00	124,00	78,00	79,00	202,00
Mo	5,39	0,96	5,06	5,13	5,68	6,68	7,27	2,24	1,41	7,95	
La	104,00	69,00	121,00	101,00	113,00	83,00	72,00				
Ce	203,00	150,00	241,00	210,00	219,00	185,00	168,00				
Pr	27,00	21,00	32,00	29,00	29,00	28,00	25,00				
Nd	101,00	77,00	119,00	106,00	107,00	109,00	102,00				
Sm	17,00	15,00	20,00	18,00	17,00	18,00	18,00				
Eu	3,70	3,00	4,90	3,60	3,80	3,60	3,10				
Gd	13,00	12,00	14,00	12,00	12,00	13,00	11,00				
Tb	1,70	1,70	1,80	1,60	1,40	1,40	1,50				
Dy	7,30	8,20	8,10	7,40	6,30	6,20	6,60				
Ho	1,20	1,40	1,20	1,20	1,10	0,94	1,10				
Er	3,00	3,40	3,20	3,20	2,70	2,40	2,90				
Yb	2,10	2,90	2,30	2,40	2,10	1,90	2,20				
Lu	0,31	0,43	0,33	0,33	0,33	0,23	0,34				
(La/Yb) _N	35,52	17,07	37,74	30,18	38,60	31,23	23,48				
Eu/Eu*	0,73	0,66	0,85	0,71	0,77	0,69	0,65				

tất cả các đá (bảng 1). Các đá lamprophyr MT&TN đều thuộc nhóm các đá mafic cao magne, thấp nhôm, cao kiềm kali và thấp titan. Các đá đặc trưng có hàm lượng MgO, tổng kiềm (K_2O+Na_2O) và tỷ lệ K_2O/Na_2O biến đổi trong khoảng rộng ($MgO = 4,08-12,33\%$ tl, $K_2O+Na_2O = 3,42-11,11\%$ tl, $K_2O/Na_2O = 1,67-30,4$, bảng 1, hình 2). Giữa các đá thuộc các khu vực khác nhau có sự khác biệt đôi chút về thành phần. Khu vực Ba Tơ có hàm lượng tổng kiềm và tỷ lệ K_2O/Na_2O ít biến đổi nhất ($K_2O+Na_2O = 5,39-9,56\%$, $K_2O/Na_2O = 2,12-7,35$, bảng 1). Lamprophyr khu vực Bồng Sơn và Măng Xim có tổng kiềm cao nhất (11,11 % và

9,72 %) nhưng có tỷ lệ K_2O/Na_2O trung bình (3,61 % và 4,12 %, bảng 1). Lamprophyr Đak Long có tổng kiềm tương đối đồng nhất ($K_2O+Na_2O = 6,41-10,27$) song tỷ lệ K_2O/Na_2O dao động mạnh (2,03-30,4). Khu vực Nam Đak Tô có hàm lượng tổng kiềm thấp hơn ($K_2O+Na_2O = 3,42-7,78\%$). Khu vực Trà Văn có K_2O+Na_2O thấp (6,29 %), song tỷ lệ K_2O/Na_2O khá cao (19,97, bảng 1). Trên biểu đồ tương quan $MgO-K_2O-Al_2O_3$ (hình 3), các đá lamprophyr MT&TN có đặc điểm thành phần trung gian giữa lamprophyr và lamproit, khá tương đồng với trường phân bố của các đá siêu kiềm kali TBVN.



Hình 2. Tương quan $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ của các đá lamprophyr MT&TN, so sánh với các đá lamproit TBVN [1]



Hình 3. Tương quan $\text{MgO}-\text{K}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3$ của các đá lamprophyr MT&TN (các trường theo Bergman et al, 1986). Ký hiệu như hình 2

2. Đặc điểm địa hóa nguyên tố hiếm và đất hiếm

Thành phần hoá học nguyên tố hiếm và đất hiếm của các biến loại lamprophyr thuộc các khu vực khác nhau trong vùng nghiên cứu được liệt kê trong bảng 2.

Các đá lamprophyr MT&TN đặc trưng bởi hàm lượng $\text{Ni} = 47-746$ ppm, $\text{Cr} = 78-515$ ppm, $\text{Co} = 21-51$ ppm (bảng 2). Lamprophyr khu vực Ba Tơ có

hàm lượng các nguyên tố hiếm tương thích cao nhất $\text{Ni} = 189-746$ ppm, $\text{Cr} = 130-515$ ppm, $\text{Co} = 25-51$ ppm, trong khi các lamprophyr khu vực Nam Đak Tơ và Trà Văn có hàm lượng thấp nhất (bảng 2). Hàm lượng Ni , Cr và Co của các đá lamproit điển hình thường rất cao ($\text{Ni} = 960$ ppm, $\text{Cr} = 1.060$ ppm, $\text{Co} = 70$ ppm, theo [11]), đặc trưng cho nguồn Manti sâu. So với lamproit Tây Bắc Việt Nam (TBVN) và các đá lamproit điển

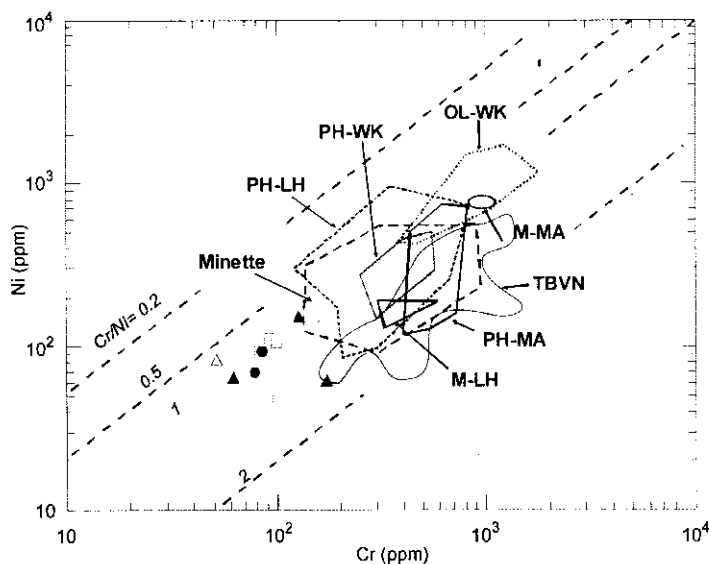
hình, các đá lamprophy MT& TN có hàm lượng Ni, Cr và Co thấp hơn rõ rệt (hình 4), chúng giống với các lamprophyre kiềm-vôi nhiều hơn.

Hàm lượng các nguyên tố lithophil có bán kính ion lớn (LILE) trong các đá lamprophy MTVN dao động trong khoảng không lớn ($Ba = 520-3.360$ ppm, $Rb = 150-577$ ppm, $Sr = 109-999$ ppm, bảng 2). So với các đá lamproit điển hình, lamprophy MTVN có hàm lượng Rb cao hơn, song Ba và Sr thấp hơn ($Ba = 300-6.600$ ppm, $Rb = 210-380$ ppm, $Sr = 1.240-1.440$ ppm trong các đá lamproit, theo [11]). Tuy nhiên, nếu xét theo tỷ lệ $K/Rb - MgO$, chúng lại khá tương đồng với các lamproit phlogopit Tây Kimberley (hình 2).

Về các đặc điểm phân bố các nguyên tố có trường lực mạnh (HFSE), các đá lamprophy MTVN có hàm lượng Th cao hơn hẳn so với các đá lamproit TBVN, gần với các đá lamproit điển hình ($Th = 16-92$ ppm, bảng 2), song hàm lượng Nb, Ta, Zr của chúng lại giống với lamprophyre loạt kiềm vôi nhiều hơn ($Ta = 0,43-1,2$ ppm, $Nb = 7,39-27,4$ ppm, $Zr = 130-854$ ppm, bảng 2). Xét theo tương quan Zr-Nb, chúng tương ứng với các thành tạo sau đùn độ liên quan với các hoạt động hút chìm (hình 5). Theo các đặc trưng hàm lượng U, Th/Ta, La/Yb tương đối cao của các đá lamprophy MTVN,

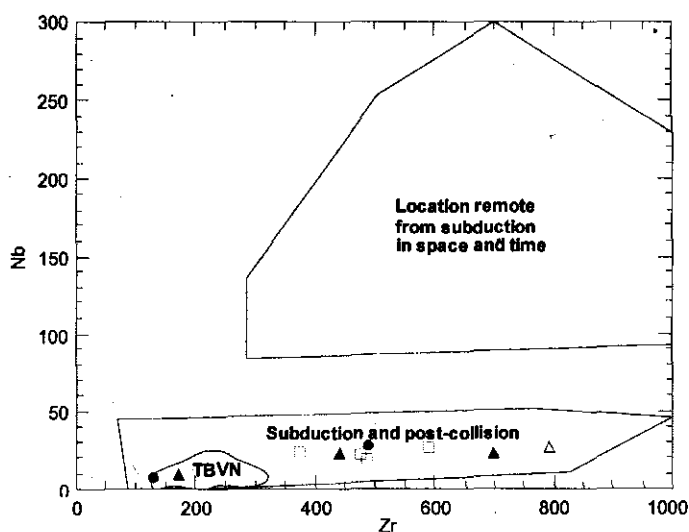
chứng tỏ sự tham gia của vật chất nguồn gốc vỏ khá nhiều (hình 6, 7).

Các đá lamprophy MTVN đặc trưng bởi hàm lượng cao của các nguyên tố đất hiếm nhẹ (LREE) so với các nguyên tố đất hiếm nặng (HREE), thể hiện bằng tỷ lệ $(La/Yb)_N = 17,07-38,60$ (bảng 2, hình 8). Tất cả các đá phân tích đều có dị thường âm Eu nhẹ ($Eu/Eu^* = 0,63-0,85$, bảng 2, hình 8). Trên biểu đồ chuẩn hoá theo C1 chondrit [12], và so sánh với các đá lamproit TBVN, các đá lamprophy vùng nghiên cứu có đặc trưng các nguyên tố đất hiếm nhẹ như La, Ce, Pr thấp hơn, song giàu các nguyên tố đất hiếm nặng, giống với đặc điểm phân bố đất hiếm của minet điển hình (hình 8). Đặc điểm biến thiên hàm lượng của các nguyên tố hiếm trên các biểu đồ đa nguyên tố chuẩn hoá theo thành phần Manti nguyên thủy [12] cho thấy các peak của Rb, Th, U, K, Pb đi đôi với các dị thường âm của các nguyên tố Nb, Ta, Ti. Đặc điểm phân bố đa nguyên tố của các đá lamprophy MTVN khá tương đồng với các đá minet điển hình và lamproit TBVN, song khác với các thành tạo lamproit điển hình, camptonit và monchiquit có dị thường dương Nb, Ta rõ rệt. Trong số các mẫu lamprophy khu vực Bồng Sơn có một mẫu tương đối giống với các đá lamprophy cao kiềm kiểu camptonit và monchiquit. Cá biệt mẫu



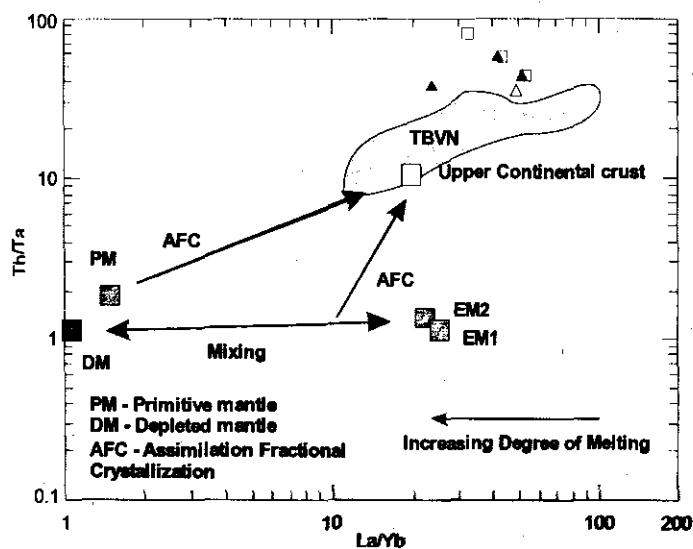
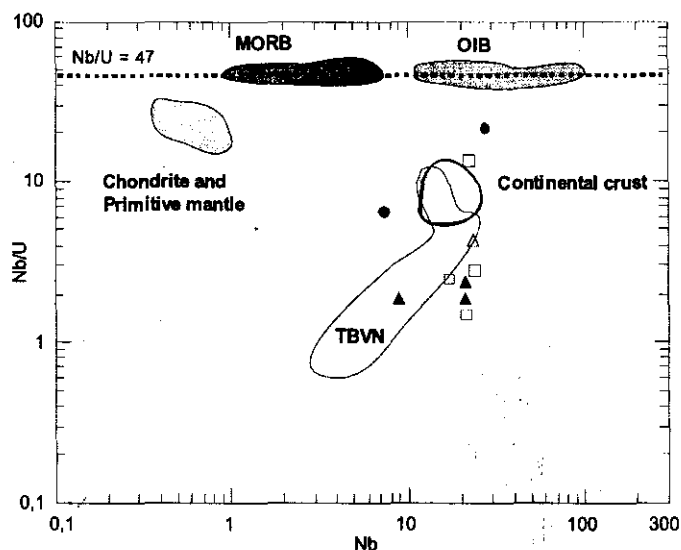
Hình 4. Tương quan Ni - Cr của các đá lamprophy MT&TN (các trường theo [9]). Ký hiệu như hình 3.

Các trường : OL-WK : lamproit olivin West Kimberley, PH-WK : lamproit phlogopit West Kimberley, PH-LH : lamproit phlogopit Leucite Hill, M-LH : lamproit madupic Leucite Hill, PH-MA : lamproit phlogopit Murcia Almeria, M-MA : lamproit madupic Murcia Almeria, TBVN : lamproit TBVN, Minette : các đá minet điển hình



← Hình 5.
Tương quan Nb-Zr của các đá
lamprophyr MT&TN
(các trường theo [23]).
Ký hiệu như hình 1

Hình 6. →
Tương quan Nb/U-Nb của các đá
lamprophyr MT&TN (các trường
theo A.W. Hofmann, 1986).
Ký hiệu như hình

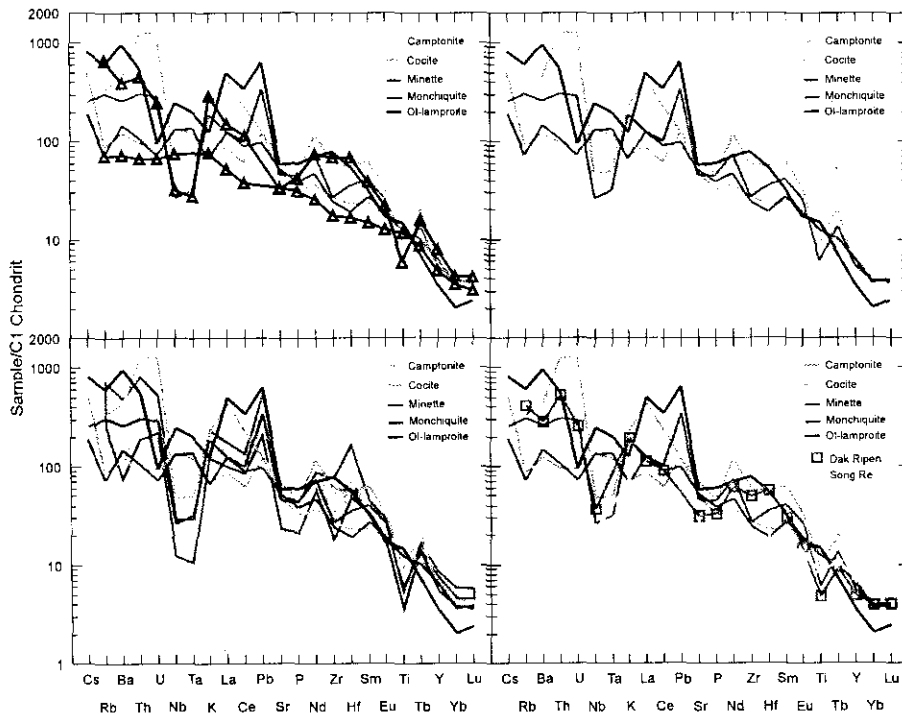
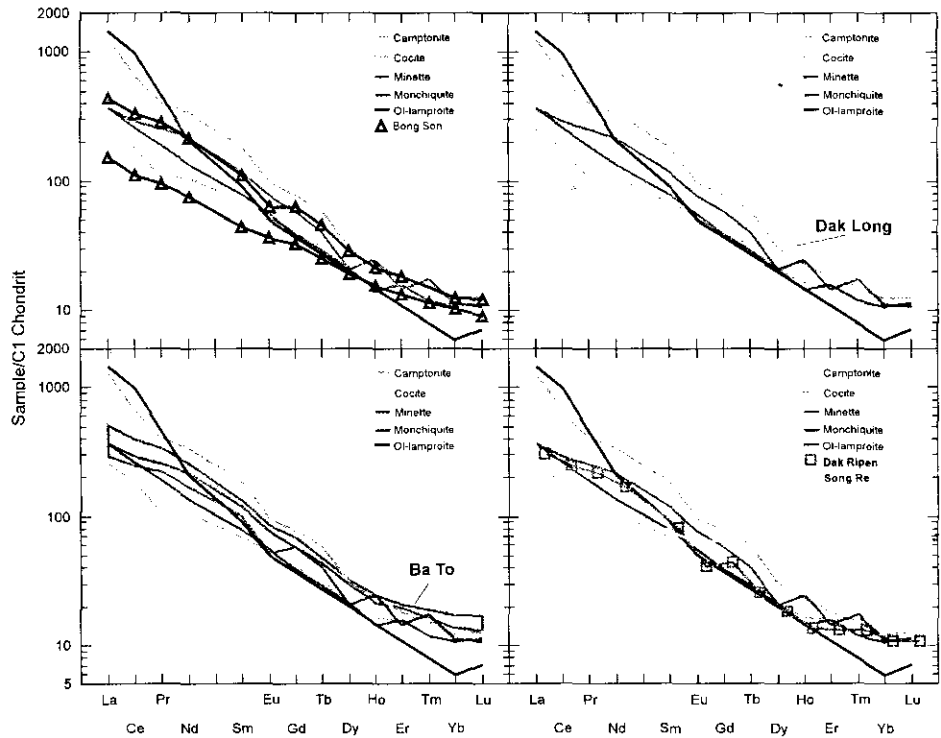


← Hình 7.
Tương quan Th/Ta-La/Yb của
các đá lamprophyr MT&TN
(các trường theo Condie, 1994).
Ký hiệu như hình 1

lamprophyr thu thập tại Sông Re có dị thường âm của Th, U, cho thấy chúng gần gũi hơn với kiểu phân bố nguyên tố của pyroxenit chứa phlogopit, và cần có những nghiên cứu chi tiết hơn tại khu vực

này. Hàm lượng của đa số nguyên tố (ngoại trừ Nb, Ti, Ta, Hf) thường trội hơn so với thành phần của Manti nguyên thủy từ 10 đến 100 lần (hình 9). So với các đá lamproit TBVN, đặc điểm phân bố các

Hình 8. →
Đặc điểm phân
bố đất hiếm
chuẩn hoá theo
chondrit [12] của
lamprophyr
MT&TN so sánh
với các thành tạo
lamprophyr điển
hình



← Hình 9.
Đặc điểm phân
bố đất hiếm chuẩn
hoá theo Manti
nguyên thủy [12] của
lamprophyr MT&TN
so sánh với các
thành tạo
lamprophyr điển
hình

nguyên tố của các đá lamprophyr MTVN khá tương đồng, ngoại trừ một số dị thường dương của Ba và Hf (hình 9). Đặc điểm này cho thấy chúng có lẽ bắt nguồn từ cùng một kiểu dung thể magma xuất phát từ Manti dạng thạch quyển á lục địa [1].

3. Các đặc điểm đồng vị của lamprophyr MT&TN

Các số liệu phân tích tỷ lệ đồng vị của lamprophyr MTVN liệt kê ở bảng 3. Các đá đặc trưng bởi tỷ lệ đồng vị Sr tương đối đồng nhất ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_i = 0,71422 - 0,7184$), trong khi Nd lại dao động trong khoảng khá rộng $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}_i = 0,511835 - 0,512555$ ($\epsilon\text{Nd} = 4,01$

$\pm 10,06$), cho thấy chúng được thành tạo bởi các vật liệu nguồn Manti song đã bị hỗn nhiễm khá mạnh bởi các vật chất có nguồn gốc vỏ (bảng 3, hình 10). Mẫu DL-2561 đặc trưng bởi tỷ lệ đồng vị $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ của Manti nghèo (0,51255), có lẽ biểu hiện của nguồn magma ban đầu với mức độ hỗn nhiễm (hay biến chất trao đổi) thấp nhất, song tỷ lệ $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_i$ của chúng lại khá cao (0,718354), cho thấy vai trò ảnh hưởng của các dung thể giàu các nguyên tố hiếm có bán kính ion lớn trong quá trình biến chất trao đổi. Các đá trachyt đi cùng với các lamprophyr cũng có tỷ lệ đồng vị Sr-Nd tương tự các đá lamprophyr, chúng tỏ mối quan hệ cùng nguồn.

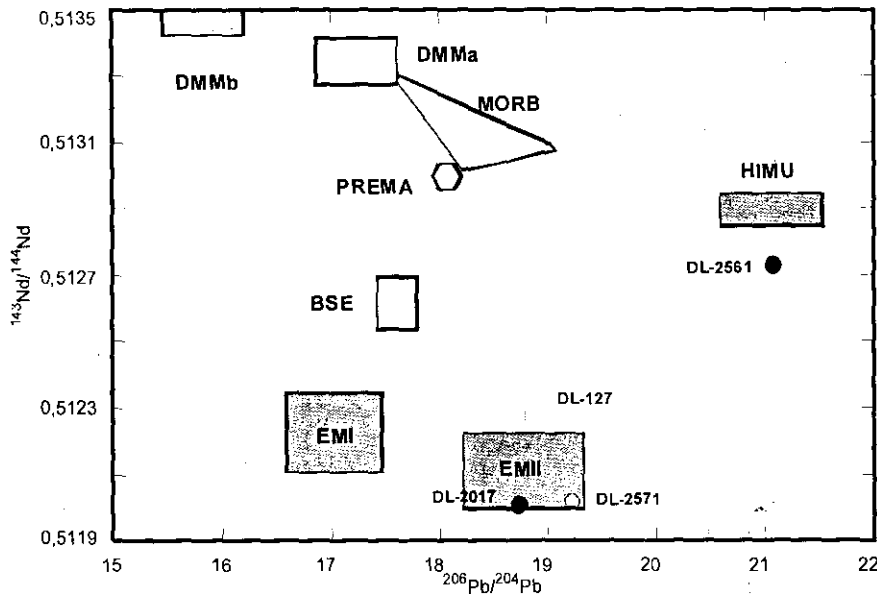
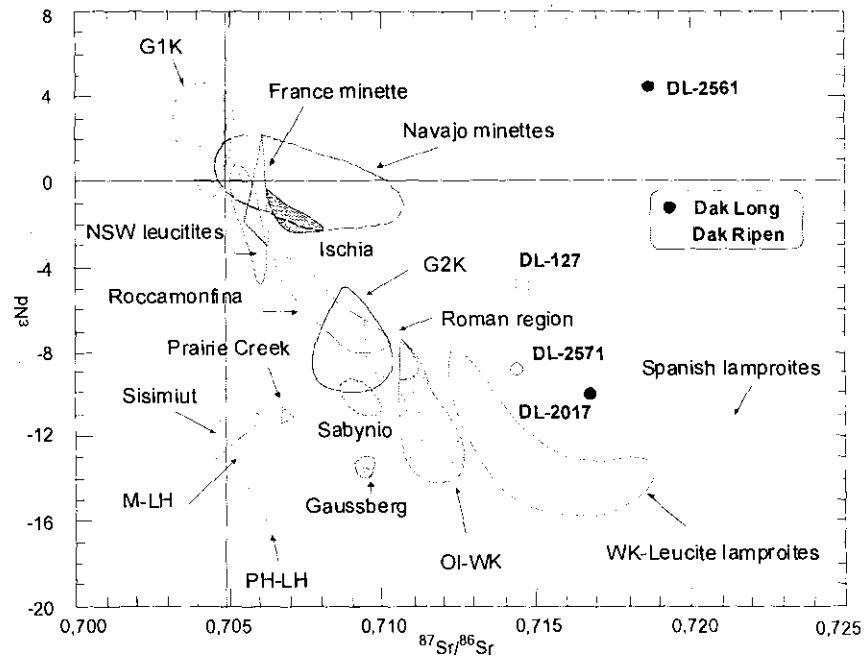
Bảng 3. Tỷ lệ đồng vị các mẫu đại diện của các đá lamprophyre MTVN

	Đak Long		Đak Ripen	
	Minette	Trachyte	Minette	
	DL2017	DL2561	DL2571	DL127
Rb (ppm)	331,6143843	402,2804434	224,7517136	251,6805136
^{87}Rb	1,13383E-07	1,38341E-07	7,92911E-08	8,04931E-08
Sr (ppm)	994,8675727	379,3912594	459,303294	671,5572445
^{86}Sr	1,16161E-07	4,45546E-08	5,53351E-08	7,33453E-08
$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	0,97608	3,10497	1,43292	1,09745
$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	0,720068	0,728246	0,718784	0,718379
$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_i$	0,716958	0,718354	0,714219	0,714882
Sm (ppm)	25,9491	16,7656	5,3947	13,3192
Nd (ppm)	140,2662	85,4687	37,9324	76,5716
$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	0,11174	0,11848	0,08590	0,10506
$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	0,511998	0,512729	0,512024	0,512260
$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}_i$	0,511835	0,512555	0,511898	0,512106
ϵNd	-10,06	4,01	-8,82	-4,76
T_{DM}	1,72	0,68	1,34	1,25
U (ppm)	6,2417	10,0464	7,9761	5,3599
Th (ppm)	59,8166	65,6652	30,7545	41,2494
Pb (ppm)	68,5332	12,6286	34,4733	35,3437
$^{238}\text{U}/^{204}\text{Pb}$	5,77237	50,42030	14,66416	9,61157
$^{235}\text{U}/^{204}\text{Pb}$	0,04187	0,36568	0,10635	0,06971
$^{232}\text{Th}/^{204}\text{Pb}$	57,43105	342,14087	58,70168	76,79465
$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	18,728	21,063	19,223	18,854
$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	15,737	15,849	15,705	15,733
$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	39,547	43,347	39,532	39,750
$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}_i$	18,524	19,281	18,704	18,514
$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}_i$	15,727	15,758	15,678	15,716
$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}_i$	38,907	39,534	38,878	38,895
D8/4Pb	88,48	59,61	63,76	88,40
D7/4Pb	22,79	17,74	15,97	21,79

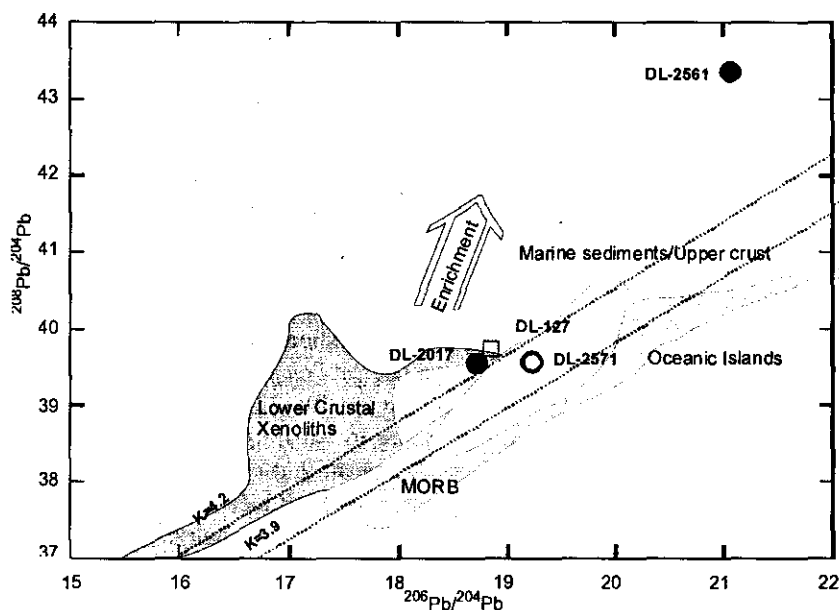
Các đá nghiên cứu đặc trưng bởi các tỷ lệ đồng vị chì tương đối đồng nhất $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 18,678 - 19,138$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 15,678 - 15,684$, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 38,978 - 39,145$ (bảng 3, hình 11, 12, 13), tương ứng với nguồn Manti được làm giàu kiểu 2 (EM2), cho thấy vai trò hỗn nhiễm của vật liệu vỏ khá lớn,

gắn gũi với các đá hình thành trong điều kiện rìa lục địa tích cực. Sự khác biệt về thành phần đồng vị giữa các đá cho thấy chúng được hình thành từ cùng nguồn với mức độ phân dị khác nhau. Tuổi T_{DM} của các đá cho tuổi crustal residence (1,03 - 1,50 tỷ năm).

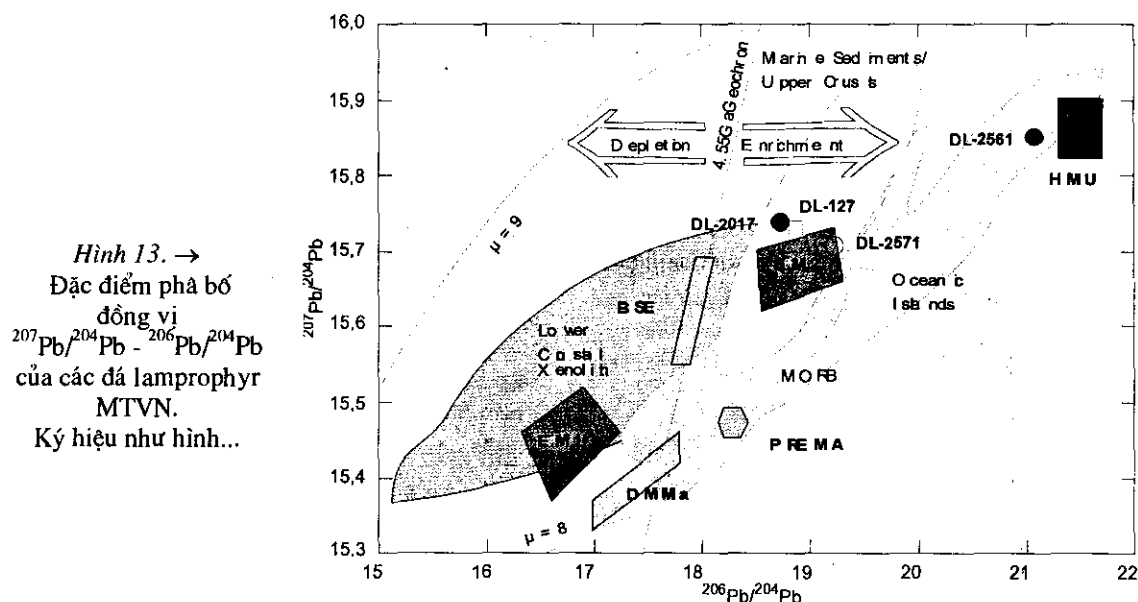
Hình 10. →
Đặc điểm pha bố đồng vị Sr-Nd của các đá lamprophyr MTVN. Các trường phân bố theo [9]



Hình 11. Đặc điểm pha bố đồng vị $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} - ^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ của các đá lamprophyr MTVN. Ký hiệu như hình 3, 5, 7



← Hình 12.
Đặc điểm pha bố
đồng vị
 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ của
các đá lamprophyr MTVN.
Ký hiệu như hình...



Hình 13. →
Đặc điểm pha bố
đồng vị
 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$
của các đá lamprophyr
MTVN.
Ký hiệu như hình...

IV. MỘT SỐ LUẬN GIẢI

1. Các dấu hiệu chỉ thị thành phần nguyên thủy của magma lamprophyr

Thành phần nguyên thủy của magma thể hiện ở giá trị cao của mg#, Cr, Co và Ni. Các đá lamprophyr MTVN đặc trưng bởi trị số mg# = 34-61 %, Ni = 47-746 ppm, Cr = 78-515 ppm, Co = 21-51 ppm (bảng 2), tỷ lệ $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} > 2$ cho phép loại trừ quá trình hỗn nhiễm vật chất vỏ lục địa trên đường xuyên lên của các đá lamprophyr và cũng phản ánh sự có mặt của

các pha kiềm kali trong thành phần nguyên thủy của magma. Theo [6, 10], magma có hàm lượng mg# = 65-80 %, Ni = 55-634 ppm, Cr = 313-1.250 ppm, Co = 27-54 ppm được hình thành do 1-20 % dung thể nóng chảy từng phần của Manti thành phần leczolit. Giá trị thấp của mg# trong các đá lamprophyr MTVN phản ánh sự vắng mặt của olivin trong thành phần khoáng vật tạo đá, mặc dù hàm lượng Ni, Cr, Co cũng khá tương đồng, nhưng có lẽ dung thể thành phần leczolit hình thành các đá lamprophyr cũng đã trải qua quá trình phân dị kết tinh olivin tại nguồn.

2. Các dấu hiệu của Manti bị biến chất trao đổi

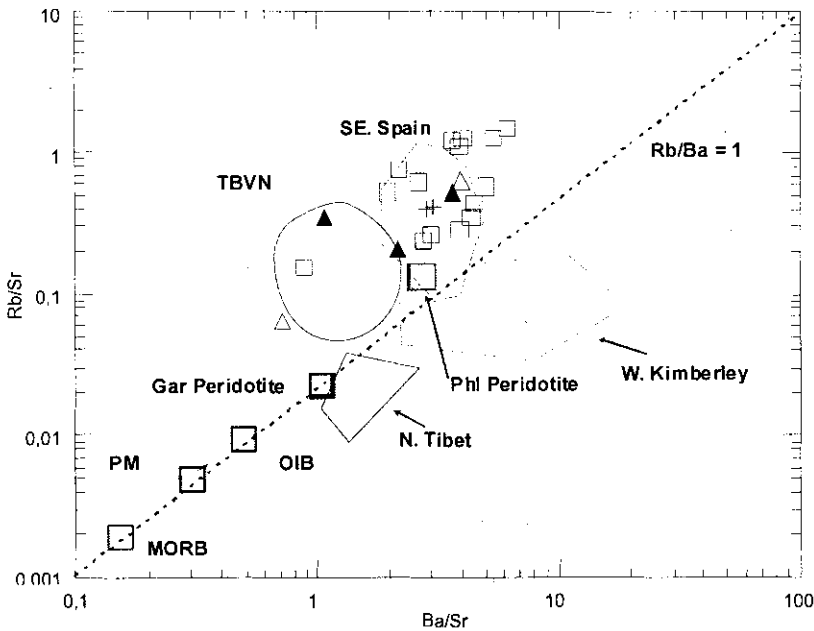
Các đặc trưng địa hoá như giàu các nguyên tố lithophil có bán kính ion lớn, các nguyên tố đất hiếm và Zr, nghèo các nguyên tố có trường lực mạnh như Ta, Nb, Ti cho thấy các đá lamprophyr nghiên cứu bắt nguồn hoặc có sự tham gia của dung thể tương đối giàu đất hiếm nhẹ và Rb so với Bulk Silicate Earth. Các đặc trưng nêu trên không thể bắt nguồn từ vật chất Manti thông thường, nếu căn cứ vào các hệ số phối trí từng phần của các khoáng vật và các mô hình nóng chảy đã biết, chúng có thể là kết quả của các cơ chế sau : 1) Nóng chảy không cân bằng có liên quan với pha giàu đất hiếm ; 2) Nguồn Manti bị biến chất trao đổi trước đó, có đặc trưng giàu các nguyên tố LILE và HFSE và 3) phân dị kết tinh từ eclogit chứa granat. Cơ chế thứ ba có thể được loại trừ vì nó đòi hỏi mức độ nóng chảy cực thấp ($\ll 1\%$) [11].

Hiện nay có rất nhiều giả thiết về sự thành tạo các đá siêu kiềm kali và lamprophyr, hầu hết đều cho chúng liên quan đến nguồn Manti được làm. Nguồn Manti được làm giàu là do quá trình biến chất trao đổi xảy ra ngay trong Manti, có thể gây ra bởi quá trình di chuyển các dung thể giàu các nguyên tố không tương thích, giàu hợp phần chất bốc. So với các đá basalt kiềm hoặc các dung thể có nguồn gốc Manti nguyên thủy khác, các đá lamprophyr tương đối nghèo Na, Al, và Ca, đi đôi

với hàm lượng các nguyên tố đất hiếm nặng tương đối đồng đều, giống như các hợp phần nóng chảy của các vật chất như peridotit chứa spinel (leczolit hoặc harzburgit).

Các quá trình hỗn nhiễm các hợp phần vỏ lục địa tới nguồn Manti bao gồm : 1) Các dung thể hoặc magma được giải phóng từ đới hút chìm ; 2) Hòa tan các vật chất vỏ trong Manti. Các đá lamprophyr MTVN có hàm lượng Sr (109-999 ppm), Ba (520-3.360 ppm), Rb (150-577 ppm) không thể giải thích bằng quá trình hoà tan các vật liệu vỏ có thành phần Sr (260 ppm), Ba (250 ppm), Rb (32 ppm) [13] trong Manti. Điều này chứng tỏ vai trò của các dung thể giàu nước xuất phát từ đới hút chìm đóng vai trò quan trọng hơn trong quá trình biến chất trao đổi nguồn Manti của các thành tạo lamprophyr.

Sự hiện diện của tổ hợp di thường âm Ta, Nb, và Ti (TNT) trên biểu đồ đa nguyên tố là đặc trưng của các dung thể có nguồn gốc liên quan tới đới hút chìm (đồng hoá các trầm tích biển sâu có đặc trưng nghèo TNT bị hút chìm [14] và quá trình biến chất trao đổi này có lẽ xảy ra trong các giai đoạn hút chìm trước đó [18]. Tương quan tỷ lệ Ba/Sr và Rb/Sr (hình 14) cho thấy các đá lamprophyr MTVN khá tương đồng với kiểu thấp titan ĐN Tây Ban Nha, với nguồn tương tự kiểu peridotit chứa phlogopit.



Hình 14. Tương quan Ba/Sr - Rb/Sr của các đá lamprophyr MTVN

Tỷ lệ đồng vị $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ của mẫu DL-2561 (0,51255) khá đặc trưng cho các dung thể magma nghèo kiệt của Manti phản ánh bản chất sâu của các thành tạo này. Tuy nhiên tỷ lệ $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ và $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ cho thấy chúng khá tương đồng với Manti kiểu HIMU. Đặc trưng này được hình thành do sự làm giàu của U và Th so với Pb và được cho là diễn ra vào khoảng 1,5-2 tỷ năm trước. Một số mô hình đã được đưa ra nhằm luận giải bản chất của nguồn Manti này, như trộn lẫn của vỏ đại dương bị biến đổi với Manti (hỗn nhiễm bởi nước biển), mất Pb cục bộ của Manti do tương tác với nhân, hoặc mất chì do các dung thể biến chất trao đổi. Các mẫu phân tích khác cho thấy các tỷ lệ đồng vị chì và Sr-Nd khá gần gũi với nguồn EM2, thể hiện vai trò của vật liệu vỏ cụ thể là lớp vỏ trên trong quá trình hình thành dung thể và/hoặc quá trình trộn lẫn của thạch quyển á lục địa với Manti.

KẾT LUẬN

Dựa trên các nghiên cứu chi tiết về đặc điểm khoáng vật, địa hoá, đồng vị và tuổi đồng vị của các thành tạo lamprophyr miền Trung và Tây Nguyên, có thể đi đến những kết luận sau :

1. Về mặt địa hoá, các đá lamprophyr MTVN có thành phần siêu kiềm kali đến shoshonit, các đặc điểm hàm lượng và phân bố của các nguyên tố hiếm và đất hiếm cho thấy chúng có lẽ bắt nguồn từ cùng một kiểu dung thể magma giống như các hợp phần nóng chảy của các vật chất như peridotit chứa spinel và phlogopit (leczolit hoặc harzburgit) xuất phát từ Manti dạng thạch quyển á lục địa.

2. Các nghiên cứu đồng vị chứng tỏ các đá lamprophyr khu vực MT&TN xuất sinh từ nguồn Manti được làm giàu kiểu 2 (EM2), cho thấy vai trò hỗn nhiễm của vật liệu vỏ khá lớn, gần gũi với các đá hình thành trong điều kiện rìa lục địa tích cực.

Công trình được hoàn thành với sự hỗ trợ kinh phí của Chương trình NCCB cấp Nhà nước (2006-2008), các đề tài khoa học cơ bản mã số 70.78.06, 70.87.06 và 70.79.06.

TÀI LIỆU DẪN

[1] TRẦN TUẤN ANH, T.T. H., W. RICHTER, F. KOLLER, 2001 : "Characteristics of trace elements, rare earth and isotopes of lamproites from Northwest Vietnam." **17-18**, 20-27.

[2] TRAN TUAN ANH, MAI KIM VINH, TRAN TRONG HOA, NGO THI PHUONG, TRAN VIET ANH, 2004 : The Mineralogy of phlogopites from lamprophyres of Central Vietnam : implication for the magma's evolution. *Journal of Geology Series B*, **23**, 79-88.

[3] TRẦN TUẤN ANH, TRẦN TRỌNG HÒA, A.E. IZOKH, A.S. BORISENKO, A.V. TRAVIN, 2006 : Age constraints on the petrogenesis of lamprophyre from South Central Vietnam. *Journal of Geology, Series B*, **27**, 23-28.

[4] NGUYỄN XUÂN BAO và nnk, 2000 : Kiến tạo và sinh khoáng miền Nam Việt nam. Hà Nội, Liên đoàn Địa chất M.N., Cục Địa chất.

[5] ĐỖ VĂN CHI và nnk, 1998 : Báo cáo kết quả do vẽ bản đồ địa chất và tìm kiếm khoáng sản nhóm tờ Đak Glei - Khâm Đức, tỷ lệ 1/50.000. Lưu trữ Cục Địa chất và Khoáng sản

[6] F.A. FREY, D.H. GREEN, S.D. ROY, 1978 : Integrated models of basalt petrogenesis: a study of quartz tholeiites to olivine melilitites from south-eastern Australia utilizing geochemical and experimental petrological data. *J.Petrol.* **19**, 463-513.

[7] A.W. HOFMANN, 1986 : "Nb in Hawaiian magmas : Constraints on source composition and evolution." *Chemical Geology* **57**, 17-30.

[8] NGUYỄN QUANG LỘC và nnk, 1998 : Báo cáo kết quả do vẽ bản đồ địa chất và tìm kiếm khoáng sản nhóm tờ Đak Tô, tỷ lệ 1/50.000. Lưu trữ Cục Địa chất và Khoáng sản.

[9] R.H. MICHELL, a. B.S. C., 1991 : Petrology of lamproites, Plenum Press. New York and London.

[10] J.M. RHODE, 1981 : Characteristics of primary basaltic magmas. In : Basaltic Volcanism on the Terrestrial Planets. Pergamon, New York, 409-432.

[11] N.M.S. ROCK, 1991 : Lamprophyres. Blackie, London. 285 pages.

[12] S.F. SUN, W.F. McDONOUGH, 1989 : Chemical and isotopic system of oceanic basalts : Implication for mantle composition and processes. In : Saunders, A.D, Norry, N.J. (eds). Magmatism in ocean basins. *Geol. Soc. Spec. Publ.*, **42**, 313-345.

[13] S.R. TAYLOR, S.M. Mc LENNAN, 1985. The continental crust : Its composition and evolution. Oxford, UK, Blackwell Science Publications, 312 p.

[14] R.N. THOMPSON et al, 1983 : An assesment of the relative roles of crust and mantle in magma

genesis : an elemental approach. Phil. Trans. R. Soc., A 310, 549-590.

[15] ĐÀO ĐÌNH THỰC, H.T. C. b, 1995 : Địa chất Việt Nam, Tập II, Các thành tạo magma, Cục Địa chất Việt Nam.

[16] NGUYỄN THÀNH TÍN và nnk, 1997 : Báo cáo kết quả đo vẽ bản đồ địa chất và tìm kiếm khoáng sản nhóm tờ Mang Xim, tỷ lệ 1/50.000. Lưu trữ Cục Địa Chất và Khoáng Sản.

[17] NGUYỄN XUÂN TÙNG, TRẦN VĂN TRI, 1992 : Thành hệ địa chất và địa động lực Việt Nam, Nxb KH&KT.

[18] S. TURNER et al, 1996 : Post-collision, shoshonitic volcanism on the Tibetan Plateau : implications for convective thinning of the lithosphere and the source of ocean island basalts. Journal of Petrology 37, 1, 45-71.

[19] TRƯƠNG KHẮC VI và nnk, 1997 : Báo cáo kết quả đo vẽ địa chất và tìm kiếm khoáng sản nhóm tờ Tuy Hòa tỷ lệ 1/50.000. Lưu trữ tại LDBĐĐCMN, Tp. HCM. Tập I : Địa lý tự nhiên,... Địa tầng, 21-46 ; Tập II : Magma, Kiến tạo, 11-54 ; Tập IV : Khoáng sản, 57-119.

[20] MAI KIM VINH, NGUYỄN HỮU TÝ, HUỖNH TRUNG, 2000 : Đặc điểm thạch học - khoáng vật, đặc điểm thạch địa hóa các thành tạo lamprophyre cao kiềm, lamproit (?) trong vùng Đak Long, tỉnh Kon Tum. Địa chất Tài nguyên Môi trường Nam Việt Nam, 126-142.

[21] MAI KIM VINH, DUƠNG VĂN CẦU, 2002 : Đặc điểm địa chất, thạch học, thạch địa hóa của lamprophyre cao kiềm trong vùng Ba Bích (Quảng Ngãi) và An Quang (Bình Định). Địa chất Tài nguyên Môi trường Nam Việt Nam, 63-73.

[22] MAI KIM VINH, DUƠNG VĂN CẦU, 2004 : Một số kết quả nghiên cứu mới về nguyên tố vết và đồng vị của các đai mạch sẫm màu cao kali trong diện tích nhóm tờ Ba Tơ. Địa chất Tài nguyên Môi trường Nam Việt Nam, 87-99.

[23] M WILSON, 1989 : Igneous Petrogenesis. A global tectonic approach. Boston, Unwin Hyman.

SUMMARY

Geochemical significances of the Triassic lamprophyres at the margins of the Kon Tum Block

The paper presents major, trace elements and isotopic characteristics of the Triassic lamprophyre from the Central and Tay Nguyen areas. Their concentrations and variations imply the lamprophyres were originated from a phlogopite-bearing peridotitic mantle source, which was metasomatized previously. Their lead isotopic ratios, as well as Sr-Nd ratios are similar to EM₂ source, indicating the role of the crustal material contribution and/or the sub-continental lithosphere - mantle mixing to the magma generation.

Ngày nhận bài : 25-3-2008

Viện Địa chất

(Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam)
và Liên đoàn Địa chất miền Nam