

УДК 552.32

КАЛИЕВЫЕ ВЫСОКОМАГНЕЗИАЛЬНЫЕ ПОРОДЫ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ОМОЛОНСКОГО КРАТОНА

© 2002 г. В. Г. Сахно, академик В. Г. Моисеенко

Поступило 25.06.2002 г.

Находки калиевых основных и ультраосновных пород всегда привлекали внимание геологов, петрологов и геохимиков не только как породы глубинного генезиса, но и возможные источники алмазов. В последнее десятилетие начиная с 1976 г. после открытия уникальных месторождений алмазоносных лампроитов в Австралии такие породы были обнаружены во многих нетрадиционных регионах мира: в вулканитах Испании, в западной части Тянь-Шаня и т.д. [1]. Для этих пород характерны высокие содержания калия, магния, высокие отношения K/Na ($\approx 4-10$ раз) и низкие концентрации глинозема и кальция.

В качестве минеральных фаз присутствуют титанистый флогопит, титанисто-калиевый рихте-

рит, низконатриевый и низкоалюминиевый лейцит и т.д. [2].

К обширной группе высококалиевых высокомагнезиальных пород примыкают вулканиды камафугитовой серии, которые от лампроитов отличаются высоким содержанием кальция и наличием в качестве минеральных фаз кальсилита, мелилита и нефелина. Эта редкая группа вулканических пород известна в нескольких районах – в восточной Африке (Уганда, район Торо-Анколе, катунгиты, угандиты, мафуриты) [4] и в Италии (венациты, каппоелиты) [5].

Калиевые высокомагнезиальные и высококальциевые магматиты обнаружены в восточной

Таблица 1. Химические составы высокомагнезиальных, высококальциевых, калиевых пород Олойской зоны (Северный Омолон), мас. %

Оксид	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO ₂	41.80	42.96	40.29	41.64	43.00	43.00	45.70	41.49	44.23	41.95
TiO ₂	1.39	1.29	0.83	0.98	0.87	0.39	1.26	2.59	1.40	1.23
Al ₂ O ₃	8.47	8.45	2.73	2.01	3.07	7.59	3.62	5.44	3.28	3.50
Fe ₂ O ₃	9.88	7.93	8.94	8.20	6.61	8.43	6.74	8.87	8.87	12.17
FeO	6.68	5.97	7.82	7.61	7.71	6.68	7.03	6.04	7.69	8.44
MnO	0.24	0.20	0.30	0.26	0.22	0.26	0.19	0.21	0.17	0.26
MgO	10.01	16.75	23.4	22.93	19.26	12.90	15.55	17.38	13.90	13.15
CaO	16.25	10.49	11.42	12.05	14.10	17.35	16.41	14.10	16.91	17.91
Na ₂ O	0.64	0.77	0.20	0.05	0.14	0.39	0.18	0.23	0.39	0.48
K ₂ O	3.07	2.82	1.38	0.87	2.12	0.64	2.27	3.19	0.84	0.28
P ₂ O ₅	0.95	1.16	0.17	0.12	0.29	0.40	0.33	0.14	0.33	0.14
H ₂ O ⁻	0.16	0.00	0.43	0.00	0.20	0.09	0.18	0.19	0.09	0.08
П.п.п.	0.35	0.92	2.59	2.94	1.19	0.73	0.87	0.66	0.97	0.93
Сумма	99.89	99.53	100.59	100.46	99.68	99.77	99.73	99.53	99.69	100.42

Примечание. Аналитик: Л.В. Недашковская, ДВГИ ДВО РАН.

Дальневосточный геологический институт Дальневосточного отделения
Российской Академии наук, Владивосток

Амурский комплексный научно-исследовательский институт
Дальневосточного отделения Российской Академии наук, Благовещенск

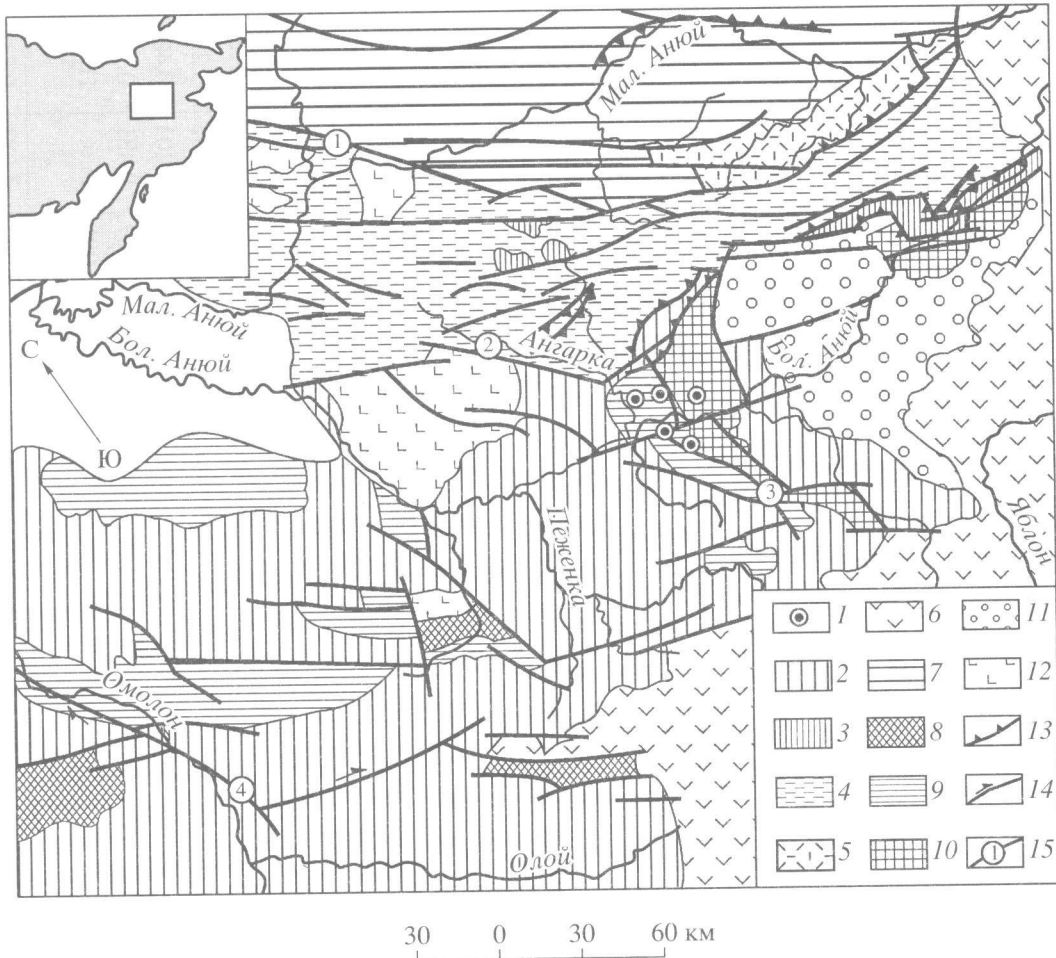


Рис. 1. Схема тектонического районирования северной части Омолонского кратона и его обрамления, по [7] с добавлениями авторов. 1 – места находок пород камафугитовой серии; 2 – северная часть Омолонского кратона (Олойский погруженный блок); 3, 4 – Южно-Аннойская рифтовая система. Центральная зона: 3 – фрагменты базитового фундамента, 4 – осадочно-вулканический комплекс; 5 – Нутесьинская зона; 6 – Охотско-Чукотский вулканический пояс; 7 – Аннойская зона Чукотской миогеосинклинальной системы; 8, 9 – поднятия Олойской зоны: 8 – палеозойский комплекс, 9 – ранне-среднемезозойский комплекс (Т–J₂); 10 – Яблонский массив; 11 – мезозойский чехол массива; 12 – наложенные впадины; 13 – надвиги и сбросы; 14 – сдвиги; 15 – разломы: 1 – Мало-Аннойская зона разломов (Уямкандинский структурный шов), 2 – Ангарская зона разлома, 3 – Алучинская зона разлома, 4 – Березовская зона глубинных разломов.

части Омолонского массива на Яблонском поднятии, где они слагают мелкие субвулканические экструзии, а также представлены развалами пород в виде крупных и мелких обломков на поверхности горной тундры (рис. 1).

Макроскопически – это мелко- и среднезернистые порфиоровидные породы, где в виде порфировых выделений выступают округлые зерна оливинов, практически нацело замещенные вторичными, их количество не превышает 5–7% от общего объема; крупные порфиоровидные кристаллы пироксенов, находящиеся в мелкозернистой массе пироксенов и флогопита. Соотношение пироксенов и биотитов варьирует и находится в пределах отношений от равных количеств до преобладания пироксенов над биотитом. На фоне

темной массы видны мелкие изометричные зерна калиевого полевого шпата. Количество последнего всегда не более первых процентов. В некоторых разностях появляется роговая обманка, которая отличается призматической формой.

Как отмечалось выше, соотношение минеральных фаз варьирует в широких пределах, но всегда преобладающими являются пироксены и биотиты.

Микроскопически порфиоровидный характер пород подчеркивается наличием изометричных зерен оливина и крупных кристаллов пироксена, между которыми располагаются чешуйки биотита, редко рудного минерала. Основная масса представлена стеклом, мельчайшими агрегатами калишпата, пироксена, мелкими зернами мелилита,

Таблица 2. Химический состав минералов и формульные значения щелочных пород Омолонского кратона

Компонент	1			2		3		4		5		8				
	Px ₁	Px ₂	Ant	Bi	Px	Ol ₂	Px ₁	Ol	Ol	Px	Bi	Px	Ol	Bi	Or	MI
SiO ₂	46.51	51.27	65.56	36.18	49.99	38.55	50.88	39.28	37.11	48.82	49.20	53.61	39.10	35.29	64.39	42.20
TiO ₂	1.34	0.31	0.50	2.58	0.77	0.04	0.77	0.04	0.04	0.88	0.75	0.23	0.04	3.56	0.01	0.05
Al ₂ O ₃	5.95	1.74	27.45	14.29	4.33	0.11	3.55	0.05	0.16	5.23	3.60	1.26	0.11	15.94	21.67	5.96
Cr ₂ O ₃	0.00	0.65	0.03	0.03	0.18	0.01	0.12	0.01	0.01	0.04	0.33	0.03	0.04	0.00	0.00	6.00
FeO	8.04	3.19	0.99	18.15	5.94	18.73	5.51	17.67	24.97	8.07	6.66	4.03	15.60	8.74	0.55	3.21
MnO	0.15	0.04	0.01	0.23	0.07	0.33	0.13	0.49	0.46	0.21	0.45	0.17	0.25	0.06	0.04	0.00
MgO	13.04	17.34	0.00	12.95	14.75	42.56	15.49	42.65	37.43	14.12	14.03	17.13	44.90	21.28	0.39	8.10
CaO	22.89	23.89	0.64	0.01	22.49	0.04	23.79	0.02	0.03	22.23	23.23	23.35	0.01	0.03	0.65	33.90
Na ₂ O	0.58	0.32	4.14	0.00	0.23	0.00	0.24	0.01	0.02	0.32	0.25	0.13	0.05	1.15	2.28	2.70
K ₂ O	0.06	0.00	2.52	10.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.37	8.20	1.50
Cl	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.	0.01	Н.о.	Н.о.
F	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	3.90	»	»
Сумма	98.57	98.75	101.45	95.12	98.77	100.38	100.49	100.22	100.25	99.92	98.49	100.49	100.13	99.33	98.18	97.63

Формульные значения	
Si	1.778
Ti	0.039
Al	0.268
Cr	0.000
Fe	0.257
Mn	0.005
Mg	0.742
Ca	0.937
Na	0.043
K	0.00
Cl	Н.о.
F	»
Сумма	4.072

Формульные значения	
Si	1.778
Ti	0.039
Al	0.268
Cr	0.000
Fe	0.257
Mn	0.005
Mg	0.742
Ca	0.937
Na	0.043
K	0.00
Cl	Н.о.
F	»
Сумма	4.072

Формульные значения	
Si	1.778
Ti	0.039
Al	0.268
Cr	0.000
Fe	0.257
Mn	0.005
Mg	0.742
Ca	0.937
Na	0.043
K	0.00
Cl	Н.о.
F	»
Сумма	4.072

Формульные значения	
Si	1.778
Ti	0.039
Al	0.268
Cr	0.000
Fe	0.257
Mn	0.005
Mg	0.742
Ca	0.937
Na	0.043
K	0.00
Cl	Н.о.
F	»
Сумма	4.072

Формульные значения	
Si	1.778
Ti	0.039
Al	0.268
Cr	0.000
Fe	0.257
Mn	0.005
Mg	0.742
Ca	0.937
Na	0.043
K	0.00
Cl	Н.о.
F	»
Сумма	4.072

Формульные значения	
Si	1.778
Ti	0.039
Al	0.268
Cr	0.000
Fe	0.257
Mn	0.005
Mg	0.742
Ca	0.937
Na	0.043
K	0.00
Cl	Н.о.
F	»
Сумма	4.072

Формульные значения	
Si	1.778
Ti	0.039
Al	0.268
Cr	0.000
Fe	0.257
Mn	0.005
Mg	0.742
Ca	0.937
Na	0.043
K	0.00
Cl	Н.о.
F	»
Сумма	4.072

Формульные значения	
Si	1.778
Ti	0.039
Al	0.268
Cr	0.000
Fe	0.257
Mn	0.005
Mg	0.742
Ca	0.937
Na	0.043
K	0.00
Cl	Н.о.
F	»
Сумма	4.072

Формульные значения	
Si	1.778
Ti	0.039
Al	0.268
Cr	0.000
Fe	0.257
Mn	0.005
Mg	0.742
Ca	0.937
Na	0.043
K	0.00
Cl	Н.о.
F	»
Сумма	4.072

Формульные значения	
Si	1.778
Ti	0.039
Al	0.268
Cr	0.000
Fe	0.257
Mn	0.005
Mg	0.742
Ca	0.937
Na	0.043
K	0.00
Cl	Н.о.
F	»
Сумма	4.072

Формульные значения	
Si	1.778
Ti	0.039
Al	0.268
Cr	0.000
Fe	0.257
Mn	0.005
Mg	0.742
Ca	0.937
Na	0.043
K	0.00
Cl	Н.о.
F	»
Сумма	4.072

Формульные значения	
Si	1.778
Ti	0.039
Al	0.268
Cr	0.000
Fe	0.257
Mn	0.005
Mg	0.742
Ca	0.937
Na	0.043
K	0.00
Cl	Н.о.
F	»
Сумма	4.072

Формульные значения	
Si	1.778
Ti	0.039
Al	0.268
Cr	0.000
Fe	0.257
Mn	0.005
Mg	0.742
Ca	0.937
Na	0.043
K	0.00
Cl	Н.о.
F	»
Сумма	4.072

Формульные значения	
Si	1.778
Ti	0.039
Al	0.268
Cr	0.000
Fe	0.257
Mn	0.005
Mg	0.742
Ca	0.937
Na	0.043
K	0.00
Cl	Н.о.
F	»
Сумма	4.072

Формульные значения	
Si	1.778
Ti	0.039
Al	0.268
Cr	0.000
Fe	0.257
Mn	0.005
Mg	0.742
Ca	0.937
Na	0.043
K	0.00
Cl	Н.о.
F	»
Сумма	4.072

Формульные значения	
Si	1.778
Ti	0.039
Al	0.268
Cr	0.000
Fe	0.257
Mn	0.005
Mg	0.742
Ca	0.937
Na	0.043
K	0.00
Cl	Н.о.
F	»
Сумма	4.072

Формульные значения	
Si	1.778
Ti	0.039
Al	0.268
Cr	0.000
Fe	0.257
Mn	0.005
Mg	0.742
Ca	0.937
Na	0.043
K	0.00
Cl	Н.о.
F	»
Сумма	4.072

Формульные значения	
Si	1.778
Ti	0.039
Al	0.268
Cr	0.000
Fe	0.257
Mn	0.005
Mg	0.742
Ca	0.937
Na	0.043
K	0.00
Cl	Н.о.
F	»
Сумма	4.072

Формульные значения	
Si	1.778
Ti	0.039
Al	0.268
Cr	0.000
Fe	0.257
Mn	0.005
Mg	0.742
Ca	0.937
Na	0.043
K	0.00
Cl	Н.о.
F	»
Сумма	4.072

Формульные значения	
Si	1.778
Ti	0.039
Al	0.268
Cr	0.000
Fe	0.257
Mn	0.005
Mg	0.742
Ca	0.937
Na	0.043
K	0.00
Cl	Н.о.
F	»
Сумма	4.072

Формульные значения	
Si	1.778
Ti	0.039
Al	0.268
Cr	0.000
Fe	0.257
Mn	0.005
Mg	0.742
Ca	0.937
Na	0.043
K	0.00
Cl	Н.о.
F	»
Сумма	4.072

Формульные значения	
Si	1.778
Ti	0.039
Al	0.268
Cr	0.000
Fe	0.257
Mn	0.005
Mg	0.742
Ca	0.937
Na	0.043
K	0.00
Cl	Н.о.
F	»
Сумма	4.072

Формульные значения	
Si	1.778
Ti	0.039
Al	0.268
Cr	0.000
Fe	0.257
Mn	0.005
Mg	0.742
Ca	0.937
Na	0.043
K	0.00
Cl	Н.о.
F	»
Сумма	4.072

Формульные значения	
Si	1.778
Ti	0.039
Al	0.268
Cr	0.000
Fe	0.257
Mn	0.005
Mg	0.742
Ca	0.937
Na	0.043
K	0.00
Cl	Н.о.
F	»
Сумма	4.072

Формульные значения	
Si	1.778
Ti	0.039
Al	0.268
Cr	0.000
Fe	0.257
Mn	0.005
Mg	0.742
Ca	0.937
Na	0.043
K	0.00
Cl	Н.о.
F	»
Сумма	4.072

Формульные значения	
Si	1.778
Ti	0.039
Al	0.268
Cr	0.000
Fe	0.257
Mn	0.005
Mg	0.742
Ca	0.937
Na	0.043
K	0.00
Cl	Н.о.
F	»
Сумма	4.072

Формульные значения	
Si	1.778
Ti	0.039
Al	0.268
Cr	0.000

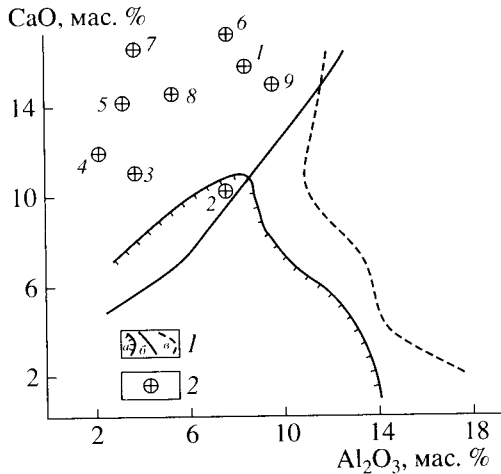


Рис. 2. Соотношение CaO–Al₂O₃ для лампроитов и других калиевых пород. 1 – поля состава пород: а – лампроитовая серия, б – камафугитовая серия, в – тегфрит-лейцитовая серия (по Богатикову, Лампроиты, 1991); 2 – точками обозначены положения составов пород камафугитовой серии Северного Омлона. Номера соответствуют порядковым номерам табл. 1.

“сыпью” рудного минерала (магнетита) и хлоритом.

Породы комплекса (табл. 1) характеризуются сравнительно низким содержанием кремнезема, постоянным преобладанием калия над натрием, сумма которых варьирует в широких пределах. Но главным является постоянное высокое содержание кальция при высокой концентрации магния и низкой – глинозема. Такая петрохимическая особенность свойственна для пород камафугитовой серии (рис. 2). Высокая концентрация кальция обусловлена высоким содержанием моноклинного пироксена, а колебание соотношения K/Na – вариацией биотита в породе. Появление мелилита (табл. 2) также является следствием высокой концентрации кальция. В табл. 2 представлены химические составы минералов пород этой серии. Обращает на себя внимание появление двух пироксенов (табл. 2, № 1) с разной железистостью, анортотлаза в одних породах и калиевого полевого шпата в других (табл. 2, № 1 и 6). Биотит, как правило, отличается низкой железистостью, особенно в парагенезисе с оливином (табл. 2, № 6).

Особенностью пироксенов является повышенная хромистость, колеблющаяся от 0.12 до 0.65%.

В качестве рудных минералов встречаются титано-магнетиты и магнетиты с переменным составом по содержанию титана, хрома и глинозема (Cr/(Cr + Al) от 27.39 до 3.98).

Характер распределения REE и RE (табл. 3) дает представление о степени концентрации этих элементов в породах комплекса. Нормированные

Таблица 3. Содержания редких и редкоземельных элементов (г/т) и изотопные соотношения в представительных образцах щелочных пород Олойской зоны Омолонского кратона

Элемент	8	4	10
Rb	44.0	6.0	5.0
Sr	154	131	127
Y	24.3	24.0	17.0
Zr	48.0	28.5	27.0
Nb	Н.о.	1.0	1.0
Cs	0.66	0.31	Н.о.
Ba	1096	86.7	137
La	60	5.0	3.0
Ce	18.7	13.0	11.0
Pr	3.61	4.0	2.0
Nd	22.9	19.8	0.13
Sm	6.84	6.0	4.0
Eu	1.97	2.0	1.0
Gd	7.53	7.0	4.0
Tb	1.04	1.0	1.0
Dy	5.70	5.0	3.0
Ho	1.1	1.0	1.0
Er	2.75	2.0	2.0
Tm	0.43	Н.о.	Н.о.
Yb	2.43	2.0	2.0
Lu	0.36	0.10	Н.о.
Hf	2.24	2.0	1.0
Ta	Н.а.	0.01	Н.о.
Pb	Н.а.	1.0	1.0
Th	0.40	0.18	Н.о.
U	0.05	0.05	»
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr	0.704283		
¹⁴³ Nd/ ¹⁴⁴ Nd	0.512927		
²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	18.276		
²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb	15.561		
²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁴ Pb	38.008		
K-Ar, млн. лет	178 ± 4		

Примечание. Порядковые номера таблицы соответствуют порядковым табл. 1 и 2. Определение REE и редких элементов проводилось в ГЕОХИ СО РАН (г. Иркутск) методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS), аналитики Е.В. Смирнова, Г.П. Сандиминова. Определение изотопов стронция и свинца проводилось в ГЕОХИ СО РАН (г. Иркутск) на масс-спектрометре Finnigan MAT-262, аналитики Ю.А. Исаков, Г.П. Сандиминова, Ю.А. Пахолеченко, Л.С. Лелюхина; Sm-Nd-изотопные анализы выполнены в ГИКНЦ (г. Апатиты) с использованием методики, описанных в [6]. Неодим анализировался на масс-спектрометре “Finnigan MAT-262”, аналитик Д.З. Журавлев. Определение абсолютного возраста проводилось в лаборатории ИГЕМ РАН, аналитик М.М. Аракелянц.

к примитивной мантии и MORB, они выявляют широкие пределы колебаний в породах серии прежде всего по Rb, Ba и Nb. Отмечается минимум в содержании Hf и Zr. Это соотношение (по MORB) опускается до 0.2, а по примитивной мантии колеблется в пределах 2–5, что в несколько раз меньше (в 10 раз), чем это свойственно для лампроитов Дальнего Востока и других регионов мира (Сахно, 2001; Лампроиты, 1991). Но при сравнении с породами камафугитовой серии Италии (San Venanzo and Cupraello) [5] по многим элементам REE-группы обнаруживается некоторая схожесть (Y, Yb, Zr, Nb, Ba, Sr и т.д.). Изотопные данные по стронцию, неодиму и свинцу пород камафугитовой серии (табл. 3, № 8) близки к составу наиболее примитивной мантии (PREMA), сохранившейся с самой ранней стадии Земли [8].

Показателен тот факт, что данные породы так же, как и в Италии, располагаются в зоне перехода океан–континент. На севере Омолонского кратона также широко развиты известково-щелочные и шощонит-латитовые породы, как отмечено ранее [3].

Приведенные данные дают основание считать, что комплекс пород высокомагнезиальных, высококальциевых калиевых пород может быть отнесен к камафугитовой серии Северо-Востока России, развитой на Яблонском массиве северной части Омолонского кратона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лампроиты / Под ред. О.Л. Богатикова. М.: Наука, 1991. 301 с.
2. Митчелл Р.Х. // Зап. ВМО. 1988. Т. 118. В. 5. С. 575–586.
3. Сахно В.Г. Позднемезозойско-кайнозойский континентальный вулканизм Востока Азии. Владивосток: Дальнаука, 2001. 338 с.
4. Holmes A. // Amer. Miner. 1950. V. 35. P. 772–792.
5. Gall F., Giammetti F., Venturelli G., Verrina L. // Neues Jahrb. Mineral Monatsh. 1984. H. 5. P. 198–210.
6. Журавлев Д.З., Пухтель И.С., Самсонов Л.В. // Изв. АН СССР. 1989. Сер. геол. № 2. С. 39–49.
7. Натальин Б.А. Раннемезозойские эвгеосинклинальные системы северной части Тихоокеанского обрамления. М.: Наука, 1984. 136 с.
8. Грачев А.Ф. // Физика Земли. 2000. № 4. С. 3–37.