

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ХИМИЧЕСКИХ СОСТАВОВ ЛАМПРОФИРОВ, КИМБЕРЛИТОВ И ЛАМПРОИТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА RHA

Краснова Н.И., Бурнаева М.Ю.**, Петров Т.Г.**

С-Петербургский государственный университет, ** ВНИИ «Океангеология», С-Петербург

Классификация и номенклатура лампрофиров, кимберлитов и лампроитов Подкомиссией по систематике изверженных пород МСГН определяются неоднозначно [2]. Рекомендации по использованию последовательной схемы для классификации этих пород сложны и основаны на разных принципах – характере структуры, минеральном и химическом составе. Учитывая нередко возникающие трудности в диагностике этих пород, нами была составлена коллекция из опубликованных и неопубликованных химических составов этих пород с целью их систематизации по единому принципу при помощи метода RHA, разработанного Т.Г. Петровым [5, 7]. Химический состав был взят за основу, поскольку он является той необходимой материальной базой, на которой разнообразие конкретных термодинамических условий порождает конкретный минеральный состав и структуру любых горных пород. Другой причиной использования именно химических анализов этих пород было весьма частое отсутствие сведений о минеральном составе как вкрапленников, так и основной массы, или результатов их пересчета на нормативный минеральный состав, что не позволило классифицировать их по методу RHA, как это было выполнено ранее для фоскоритов и карбонатитов [6].

На сайте http://www.geology.pu.ru/niizk/RHA_1.html представлены как таблицы исходных данных – свыше 1250 составов этих пород (папка LamprAnalyses), так и их RHA-описаний, включающих сводную Excel-таблицу для всех этих пород, и на отдельных страницах – таблицы для кимберлитов двух типов, лампроитов и всех разновидностей лампрофиров (файл RHA-lamprophyres.xls). Кроме того, этими данными была дополнена составленная ранее общая RHA-классификация геохимических объектов “CollStart_Ru.xls”, доступная по тому же адресу в Интернете. В таких классификациях отчетливо выделяются группы составов пород по близости их R – *ранговых формул*, которые являются последовательностью химических элементов по снижению их атомных содержаний. Анализы, имевшие менее 10 элементов (стандартизированная длина ранговой формулы), в коллекцию не включались. Качество исходных данных контролировалось суммой анализов, и в случае ее отличия более чем на 1% от 100%, а также при определении летучих компонентов в виде «ппп» (LOI), такие данные исключались. Авторские названия пород сохранялись.

Табл. 1. RHA-данные и химические анализы для групп пород сходного состава

Ранговая формула											H	A	Description
O	H	Mg	Si	C	Fe	Ca	Al	Ti	K		0.621	0.197	18-1511-t5-3-1_kimberlite_pipe Mir,Russia
O	H	Mg	Si	C	Fe=	Ca	Al	Ti	K		0.616	0.220	136-1524-t1_alpicrite_pipe Spomaya,Russia
O	Si	H	Al	Mg=	Ca=	Na	Fe	K	Ti		0.660	0.112	584-1000-t1_sannaite Ol_Monchique,Portugal
O	Si	H	Al	Mg=	Ca	Na=	Fe	K	Ti		0.645	0.128	363-1000-t1_lamprophyre D28-29 Norway
O	Si	H	Al	Mg	Ca	Na=	Fe	K	Ti		0.626	0.144	119-1000-t1_camptonite Ol-Bt-Hbl_Russia
O	Si	H	Al=	Mg	Ca	Na=	Fe=	K	Ti		0.625	0.156	102-1000-t1_camptonite Bt-Hbl_Russia
O	Si	H	Al=	Mg	Ca=	Na	Fe=	K	Ti		0.616	0.147	101-1000-t1_camptonite Bt-Hbl_Russia
O	Si	H	Al	Mg	Ca=	Na=	Fe	K	Ti		0.612	0.153	384-1000-t1_cuselite_Lausitz,Germany

SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	II ₂ O	CO ₂	P ₂ O ₅	Сумма	Description
34.63	1.39	2.43	6.03	2.8	0.10	28.68	5.4	0.19	0.4	11.69	6	0.23	99.98	18-1511-t5-3-1_kimberlite_pipe Mir,Russia
31.05	0.68	1.52	7.00	1.38	0.06	33.86	5.65	0.05	0.3	11.49	6.6	0.15	99.74	136-1524-t1_alpicrite_pipe Spomaya,Russia
42.26	3.36	13.96	3.81	6.21	0.19	7.35	9.68	5.13	3.4	2.98	0	0.96	99.29	584-1000-t1_sannaite Ol_Monchique,Portugal
44.67	2.26	17.14	2.12	5.76	0.16	7.04	8.9	3.5	3.2	3.87	0.8	0.8	100.16	363-1000-t1_lamprophyre D28-29 Norway
50.5	1.23	14.7	1.75	5.81	0.13	7.79	7.92	3.27	2.9	3.65	0	0.5	100.10	119-1000-t1_camptonite Ol-Bt-Hbl_Russia
52.4	0.89	11.9	1.61	4.31	0.14	8.71	6.29	2.81	3.5	6.05	0	0.49	99.10	102-1000-t1_camptonite Bt-Hbl_Russia
52.5	0.99	13.25	2.11	4.13	0.13	9.13	7.22	3.5	3.5	2.71	0	0.25	99.44	101-1000-t1_camptonite Bt-Hbl_Russia
52.68	1.18	16.53	1.29	6.47	0.11	5.15	5.99	3.3	2.6	3.86	0.6	0.41	100.20	384-1000-t1_cuselite_Lausitz,Germany

Отметим, что анализы пород, для которых получались сходные RHA-параметры, близки по химическому и по минеральному составам, что выявляется при наличии соответствующей информации (табл. 1). Это дает основание для использования химической RHA- классификации в целях уточнения диагностики пород по сходству их RHA-параметров с таковыми пород с известными названиями. С другой стороны, именно различие в первую очередь ранговых формул может использоваться для разработки более четких критериев для различения групп пород, выделения среди них разновидностей и, соответственно, для усовершенствования номенклатуры.

Табл. 2. Ранговые формулы кимберлитов (86 ан.) и альпикритов = слюдяных кимберлитов (125 ан.)

N ан. = 211						%0		
1	2	3	4	5	6	10	20	30
O	H	Mg	Si	C	Ca			
O	H	Mg	Si	C	Fe			
O	H	Mg	Si	Ca = C				
O	H	Mg = Si	Ca	Fe				
O	H	Mg = Si	Fe	C				
O	H	Mg = Si	Fe = Na					
O	H	Mg	Si	Fe	Al			
O	H	Mg = Si	Fe = Ca					
O	H	Si = Mg	C	Ca				
O	H	Si	Mg	Ca	C			
O	H	Si = Mg	Ca	Fe				
O	H	Si = Mg	Fe	Al				
O	H	Si	Mg	Fe = Ca				
O	H	Ca = C = Mg = Si						
O	C = Ca	H	Si	Mg				
O	C	Ca = Mg	Si	Fe				
O	C	Ca = Si	Mg	H				
O	Mg	H = Si	Fe	Ca				
O	Mg	Si	H	C	Ca			
O	Si	Mg = H	Fe	Ca				
O	H	Mg	Si			серпентин		
O	C = Ca					кальцит		
O	Mg	Si	Fe			форстерит - оливин		
- кимберлит (К)						- альпикрит (А)		

Выделение отдельных групп составов в таблицах RHA-данных в принципе можно делать с разной степенью детальности – по длине учитываемой части ранговой формулы: по 1, 2, 3 рангам и т.д. Результаты сравнения химизма пород «лампрофирового клана» приведены ниже с детальностью до 6-го ранга, т.е. по ведущим элементам, определяющим состав доминирующих породообразующих минералов. Такие сокращенные ранговые формулы для серии анализов кимберлитов и альпикритов (термин предложен В.А. Милашевым [4], синоним слюдяных кимберлитов [8]) приведены в табл. 2. В нижней части таблицы приведены ранговые формулы для наиболее распространенных породообразующих минералов этих пород. Сравнение R для двух типов пород показывает большое сходство

их состава при доминировании в первых 4-х рангах элементов O(H,Mg,Si), соответствующих главным элементам серпентина и оливина, тогда как 5-6 (или 7-8, не показаны) позиции чаще всего занимают (Ca,C), являющиеся основными элементами кальцита (здесь и далее элементы, для которых характерны перестановки в соседних рангах, показаны в скобках через запятую). Преобладание кальцита (C,Ca в 2-3 рангах) характерно для части альпикритов (4 ранговых формулы в нижней части табл. 2), что дает основание отнести такие породы к карбонатитовой серии [8], и может служить критерием для разграничения пород этих двух серий.

В табл. 3 представлены ранговые формулы для 139 анализов лампроитов, причем в таблицу не были включены 35 единичных R. Число анализов, имеющих данную ранговую формулу, указано в правой колонке (N). Высокалийевая геохимическая специфика этих пород отчетливо проявляется в ранговых формулах: калий занимает позиции от 3-ей и далее, что связано не только с преобладанием в их составе флогопита или тетраферрифлогопита, но часто присутствием также лейцита и санидина. Смещение К с 3-6 позиций на 7-8 связано с одновременным повышением рейтинга в первую очередь Fe, что может быть связано с увеличением железистости породообразующих силикатов, или присутствием рудных минералов. В ряде ранговых формул смещение К на 7-8 позиции происходит при встречном перемещении (Al,Ca) на 5-6 ранги, что обусловлено появлением в породах диопсида или калиевого рихтерита (последнее отмечено в некоторых названиях лампроитов Австралии [1]). Большинство R, демонстрирующих высокие содержания Mg (3-4 ранги), соответствуют

лампроитам, содержащим оливин, что часто фиксируется в их названиях. Именно среди R этих высокомагнезиальных и низкокалиевых лампроитов имеются похожие до 6 позиции ранговые формулы кимберлитов и альпикритов. Для различения всех этих случаев требуется большая детальность при рассмотрении ранговых формул, которая позволяет выявлять отсутствие K на 7-8 рангах для кимберлитов и альпикритов.

Особенно большое химическое разнообразие характерно для лампрофиров, представленных в нашей коллекции 619 анализами, для четверти из которых названия не были конкретизированы. Не имея здесь возможности рассмотреть особенности химического состава всех разновидностей лампрофиров, остановимся лишь на некоторых из наиболее распространенных (табл. 4). В целом, для большинства лампрофиров, по сравнению с кимберлитами и лампроитами, характерны относительно большие содержания Al (ранги 3-4, реже далее) и меньшие количества летучих компонентов (С и Н). Исключением является те

Табл. 3. Ранговые формулы лампроитов (139 ан.)

1	2	3	4	5	6	N	
O	H	Mg=	Si	Fe	Ca=	2	Ки+А
O	H	Si	Mg	Al=	K	3	
O	H	Si	Mg	Al=	Fe=	3	
O	H=	Si	Mg	K	Al	4	
O	H=	Si	Mg	K	Fe=	4	
O	H	Si	Mg	Ca=	Fe	2	А
O	H	Si	Mg	Fe	Al=	3	Ки
O	H	Si	Mg	Fe	K=	2	
O	H	Si=	Mg	Fe	Ca=	6	Ки
O	Si	H	Mg	Al=	K	4	
O	Si	H	Mg	Al=	Ca	3	
O	Si=	H	Mg=	K=	Al	26	
O	Si=	H=	Mg	K=	Fe	2	
O	Si	H	Al	K=	Mg=	2	
O	Si	H	K	Mg=	Al	18	
O	Si	H	K	Al=	Mg	26	
O	Si	H	K	Al	Fe=	2	
O	Si	Mg	H	C	Fe=	2	
O	Si	Mg=	H	Al=	Ca	2	
O	Si	Mg	H	K	Al=	2	
O	Si	Mg	H	Ca	Al	3	
O	Si	Mg	H=	Ca	Fe	5	
O	Si=	Mg=	H	Fe	Ca	2	Ки
O	Si	Mg=	K=	Al	H=	2	
O	Si	K	H	Al	Mg	3	
O	Si	K	Mg=	H=	Al	2	
O	Si	K	Mg=	Al	H	2	
O	Si	K	Al	H=	Mg	2	
Всего 139 + 35 по 1R = 178 ан.						139	
O	H	Mg	Si				Srp
O	Mg=	Si	H	Al=	K		Phl
O	Mg=	Si	H	K	Al		Trphl
O	Si	Al=	K				Lct

Справа помечены ранговые формулы, сходные с таковыми кимберлитов (Ки) и альпикритов (А)

Srp - серпентин, Phl - флогопит, Trphl - тетраферрифлогопит, Lct - лейцит

Табл. 4. Ранговые формулы камптозитов и мончикитов

(169 ан.)						0	2	4	6	8	10	12%
1	2	3	4	5	6							
O	H=	Si	Al	Mg	Ca							
O	Si	H	Mg	Al=	Ca							
O	Si	H	Mg=	Ca=	Al							
O	Si	H=	Al	Na	Mg							
O	Si	H	Al=	Na=	Ca							
O	Si	H	Al	Na	Fe							
O	Si	H	Al=	Mg	Ca							
O	Si	H	Al	Mg=	Fe							
O	Si	H	Al=	Ca	Na							
O	Si	H=	Al	Ca=	Mg							
O	Si	H	Al	Ca=	Fe							
O	Si	H	Al=	Fe	Ca							
O	Si	H	Ca=	Mg=	Al							
O	Si	H	Ca	Al=	Mg							
O	Si	H=	Fe=	Al=	Ca							
O	Si	Mg=	H	Al=	Ca							
O	Si	Mg=	Al=	H	Ca							
O	Si	Mg=	Ca=	Al	Fe							
O	Si	Al	H	Na	Ca							
O	Si	Al	H	Na	Fe							
O	Si	Al=	H=	Mg	Ca							
O	Si	Al=	H	Ca	Na							
O	Si	Al	H	Fe	Na							
O	Si	Al=	H	Fe	Ca							
O	Si	Al	Na	K=	Fe							
O	Si	Al	Na	Ca=	Fe							
O	Si	Al=	Mg=	H	Ca							
O	Si	Al	Mg	Na=	Ca							
O	Si	Al	Mg	Fe=	H							
O	Si	Al	Ca=	H=	Fe							
O	Si	Al=	Ca	Na=	H							
O	Si	Al	Ca	Fe	Na							
O	Si	Al	Ca	Fe=	Mg							
O	H=	Si	Na=	Al								анальцит
O	Si	Mg	H=	Al=	Ca							керсутит
O	Si	Mg=	Ca	Al	Fe							авгит
O	Si	Al	Na	Ca								андезит
O	Si	Al	Ca	Na								лабрадор
O	Si	Fe	Al	Ca	H							феррозденит
												камптозит
												мончикит

лампрофиров, которые генетически связаны со щелочными породами – альнэиты, польцениты и дамкьерниты (число анализов, соответственно = 59, 17, 14). Для них скорее характерна близость к альпикритам, а для дамкьернитов, в ранговых формулах которых чаще всего доминируют (Ca,C), – к карбонатитовым сериям. Альнэиты и польцениты оказались фактически неотличимы по их R, что также может быть связано с не достаточно четкой

характеристикой этих пород в справочной литературе, порождающей неоднозначность диагностики этих пород разными авторами [2]. Среди остальных разновидностей лампрофиров: камптонитов (130 ан.), мончикитов (101 ан.), керсантитов (45 ан.), спессартитов (39 ан.), минетт (54 ан.) и вогезитов (13 ан.), по своему химизму можно, пожалуй, обособить лишь минетты, отличающиеся повышенными содержаниями К (4-7 ранги) и Si (последнее хорошо видно на диаграммах, в том числе TAS). Это, без сомнения, связано с наличием в их составе в виде вкрапленников флогопита-биотита, а в основной массе еще и ортоклаза. В большинстве же оставшихся лампрофиров с 3 по 6 позиции в ранговых формулах занимают перестановки элементов (Mg, Al, Ca, Fe, Na), связанные с присутствием как в виде вкрапленников, так и в основной массе, переменных количеств оливина, авгита, амфибола, плагиоклаза и биотита. В RHA-коллекции нередко встречаются породы с разными названиями, имеющие одинаковые ранговые формулы, близкие значения NA, и, соответственно, сходный химический состав (пример в табл. 1), что свидетельствует о явном несовершенстве существующих классификаций этих пород [2]. На это же указывает постоянное почти полное перекрытие полей точек составов для этих типов лампрофиров на любых диаграммах в координатах содержаний разных химических компонентов.

В дополнение укажем, что сравнение методом RHA химического состава чанчаритов, описанных В.Г. Кориневским как новый тип щелочных горных пород [3], подтвердило их оригинальность и существенные отличия от лампроитов.

Предлагаемая авторами таблица RHA-описаний пород «лампрофирового клана» может быть использована для идентификации пород по близости их RHA-параметров с таковыми пород, уже диагностированных на основании определения минерального состава вкрапленников и основной массы. Для получения ранговой формулы достаточно пересчитать результаты химического анализа породы на атомные % и затем расставить элементы в порядке их убывания, после чего легко осуществляется поиск аналогов в таблице RHA-данных. Для обработки больших серий анализов понадобится использование специальной компьютерной программы PETROS-2, разработанной С.В. Мошкиным.

Авторы полагают, что проблемы классификации и номенклатуры горных пород должны опираться на их минеральный состав, что было нами показано ранее [6]. Подчеркнем, что используемая нами химическая классификация не является альтернативой традиционным классификациям горных пород. Химическая RHA-классификация горных пород упорядочивает *их составы*, но не *объекты*, которые традиционно именуются по тому, что видимо, то есть по их минеральному составу.

Литература

1. Джейкс А., Луис Дж., Смит К. Кимберлиты и лампроиты Западной Австралии. М.: Мир, 1989. 430 с.
2. *Классификация* магматических (изверженных) пород и словарь терминов. Рекомендации Подкомиссии по систематике изверженных пород Международного союза геологических наук. / Под ред. С.В. Ефремовой. М.: Недра, 1997. 248 с.
3. *Кориневский В.Г.* Чанчариты – новые щелочные горные породы. Сб.: Геохимия, петрология, минералогия и генезис щелочных пород. Миасс. 2006. С. 108-112.
4. *Милашев В.А.* Кимберлитовые провинции. Л.: Недра, 1974. 238 с.
5. *Петров Т.Г.* Обоснование варианта общей классификации геохимических систем. // Вестник ЛГУ. 1971. № 18. С. 30-38.
6. *Петров Т.Г., Краснова Н.И.* Принцип создания минеральной классификации горных пород с использованием метода RHA (на примере фоскоритов и карбонатитов). // Сб. Геохимия, петрология, минералогия и генезис щелочных пород. Всеросс. совещ. 18-23 сент. 2006. Миасс. С. 191-196.
7. *Петров Т.Г., Фарафонова О.И.* Информационно-компонентный анализ. Метод RHA. Учеб. пособие. СПб., 2005. 168 с.
8. *Фролов А.А., Лапин А.В., Толстов А.В., Зинчук Н.Н., Белов С.В., Бурмистров А.А.* (2005) Карбонатиты и кимберлиты (взаимоотношения, минерогения, прогноз). М.: НИИ-Природа. 540 с.