

31. Le Maitre R.W., Bateman P., Dudek A. et al. A classification of igneous rocks and glossary of terms / Ed. Le Maitre/ Blackwell, Oxford, 1989. 193 p.
32. Meschede M. A method of discriminating between different types of mid-oceans ridge basalts and continental tholeiites with the Nb-Zr-Y diagram // Chemical Geol. 1986. V. 56, N 3–4. P. 207–218.
33. Pearce J.A., Cann J.R. Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses // Earth and Planet. Sci. Lett. 1973. V. 19, N 2. P. 290–300.
34. Sun S.-S. Chemical composition and origin of the Earth's primitive mantle // Geochim. Cosmoch. Acta. 1982. V. 46, N 2. P. 179–192.
35. Sun S.-S., McDonough W.F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes / Eds. A.D. Saunders, M.J. Norry. Magmatism in the ocean basins. Geological Society Special Publication. 1989. N 42. P. 313–345.

Рекомендована к печати А.В. Колосковым

V.K. Popov, S.O. Maksimov, A.A. Vrzhosek, V.M. Chubarov

Basaltoids and carbonatite tuffs of Ambinsky Volcano (Southwest Primorye): geology and genesis

The paper offers the first results of petrological study of the Early Miocene basaltoids and spinel-fassaite tuffs of carbonatites from the Ambinsky volcanic structure in Southwest Primorye. The features of the Ambinsky Volcano geological structure and sections of lava and pyroclastic units composing the volcano edifice, as well as the stratified section of carbonatite tuffs are considered. The chemical composition of rocks and mineral assemblages from basaltoids and carbonatite tuffs is characterized. Compositionally, the basaltoids correspond to the non-differentiated moderately alkaline intraplate type. Petrographic features of carbonate-silicate stratification have been identified in the basaltoids and carbonatite tuffs. It is assumed that the formation of the carbonatite melt that was accompanied with simultaneous desilication with mass separation of spinel and fassaite and oversaturation of the silicate system with calcium was due to limestone assimilation with subsequent transformation of the melt structure, and liquation. The thermal decay of carbonates attended by dissolution of calcium oxide in basaltic magma and CO₂ accumulation in conditions of the closed magmatic chamber resulted in the autoclave gas effect, which was responsible for heavy explosive eruptions which are not characteristic of such type of volcanic rocks. The genesis of carbonatite tuffs of Ambinsky Volcano is a model example of liquation separation of carbonate melt in the moderately alkaline non-alkalic basaltic system.

Key words: geology, volcanism, petrology, basaltoids, carbonatites, desilication, Primorye.

ДИСКУССИЯ

МОЖЕТ ЛИ КАРБОНАТНОЕ ВЕЩЕСТВО, МОБИЛИЗОВАННОЕ ЩЕЛОЧНОБАЗАЛЬТОИДНЫМИ РАСПЛАВАМИ ИЗ ЭКЗОГЕННЫХ КАРБОНАТОВ, ОТНОСИТЬСЯ К КАРБОНАТИТАМ?

С.В. Рассказов

Институт земной коры СО РАН, г. Иркутск

Статья В.К. Попова с соавторами [6] претендует на открытие олигоцен-миоценовых карбонатитов на территории Юго-Западного Приморья. Высокощелочные мелилит-оливиновые нефелиниты во зрастом около 6 млн лет – производные карбонатизированного мантийного источника – известны в Юго-Западной Японии [12], поэтому находка молодых “карбонатитов” в Юго-Западном Приморье приобретает особое звучание, во-первых, с точки зрения выявления особых структурных условий развития магматизма этого типа на континентальной окраине, а во-вторых – выделения перспектив поисков молодого оруденения. Стремление В.К. Попова и др. априори видеть в рассматриваемых карбонатных породах исключительно карбонатиты, к сожалению, уведит их от рассмотрения других возможных вариантов генетической интерпретации полученных материалов.

В статье рассматриваются пирокластические вулканические породы (туфы и др.), образовавшиеся при выделении летучих компонентов расплавов. Следовательно, в породах должны быть поры. Для миоценовых лав вполне обычно заполнение пор вторичным карбонатом – лучистым арагонитом, таблитчатым кальцитом, иногда аморфным доломитом. На фотографии 2а нет пояснения состава матрицы, в которую включено овальное “карбонатитовое” обособление. Овоиды в силикатных породах, отличающиеся по составу от матрицы, охарактеризованы в лавах Юга Дальнего Востока России в работах С.А. Щеки, А.А. Вржосека, В.К. Попова и др. Овальные обособления могут быть результатом либо ликвации силикатных жидкостей, либо смешения двух порций расплавов. Одна из порций могла быть обогащенной летучими компонентами с образованием пор и заполнением их вторичным карбонатом. Таким образом, карбонаты “оцеллей” могут не иметь никакого отношения к их “карбонатитовой” интерпретации.

В.К. Попов и др. рассматривают появление овальных кальцитовых обособлений в качестве ликвационных “оцеллей”. Вспомним, что ликвация – это процесс разделения гомогенного расплава на две несмешивающиеся жидкости. Туфы – спекшиеся обломочные породы, поэтому механизм ликвационного образования карбонатных “оцеллей” в них не может обсуждаться. Карбонатные обособления в туфах – это либо поры, заполненные вторичным карбонатом, либо окатанные при эксплозивной механической эрозии кристаллы (обломки карбонатных пород), либо захваченный терригенный материал, окатанный в водных потоках.

Вопросы терминологии в геологии всегда вызывали дискуссии. Петрографическая терминология обсуждалась с точки зрения происхождения пород. Карбонатиты, по определению [2], – эндогенные, существенно карбонатные породы интрузивного или эффузивного происхождения, связанные с щелочными породами ультраосновного или основного состава или встречающиеся автономно. Как правило, они характеризуются редкометалльной минерализацией и наличием ряда типоморфных минералов – пирохлора, апатита, флогопита и др. [3]. Карбонатные фазы вообще свойственны щелочным магматическим комплексам и либо рассеяны по объему силикатной породы (в кимберлитах, щелочных гранитах), либо могут образовывать самостоятельные тела. Выделяется до восьми формационных типов редкометалльных карбонатитов [1, 10]. Их происхождение обычно связывается с особыми мантийными или коровыми магматическими источниками, обогащенными карбонатом. Иногда мантийные источники щелочно-базальтоидных расплавов содержат карбонат, но эволюция таких расплавов не обязательно приводит к образованию карбонатитов. Высокие концентрации редкоземельных элементов и других редких металлов в карбонатитах отражают равновесную эволюцию глубинных магматических расплавов, продиктованную коэффициентами распределения микроэлементов между минеральными фазами, флюидами и остаточными расплавами, а иногда с участием процессов ликвации силикатных и карбонатных жидкостей. Геохимические исследования щелочно-ультраосновных комплексов свидетельствуют о смешении в них материала из двух и более источников и образовании карбонатитов как результирующего продукта смесей [9].

Могли ли карбонаты потенциально кристаллизоваться из базанитовых расплавов Амбинского вулкана? Флюиды таких магматических расплавов отличаются существенно углекислым составом [4]. Исследования кайнозойских вулканических полей Центральной Азии показали, что летучие компоненты высокощелочных базанитовых расплавов, как правило, обособляются в магматических каналах. При извержениях фракций расплавов, обогащенных летучими компонентами, образуются пирокластические конусы, а излившиеся базанитовые лавы часто лишены летучих компонентов, в связи с чем ни в подошве, ни в кровельной части базанитовых потоков пор не образуется. При увеличении доли воды во флюиде в лавах умеренно щелочного состава (щелочных базальтах, гавайитах, оливинитовых толеитах) летучие компоненты выделяются непосредственно в потоке, что выражается в образовании подошвенного слоя канатных лав и мощной кровельной пористой части потока [7]. Таким образом, концентрация существенно углекислой флюидной фазы высокощелочных базанитов при избытке кальция может способствовать высокой активности карбоната.

При рассмотрении источников карбонатного вещества В.К. Поповым и др. допускаются противоречивые суждения. С одной стороны, они признают в качестве ведущего процесса образования “карбонатитов” Амбинского вулкана ассимиляцию базанитовыми расплавами мраморизованных известняков барабашской свиты, а с другой стороны – делают вывод о мантийном происхождении источника “карбонатитов” из рассмотрения изотопного состава углерода и кислорода. Нужно отметить, что соотношения легких и тяжелых изотопов углерода и кислорода не отражают состава источника, а являются результатом фракционирования в зависимости от температуры кристаллизации минералов в [5]. Данные, приведенные по изотопам углерода и кислорода карбонатов двух образцов Амбинского вулкана, свидетельствуют об их образовании при высоких температурах.

В литературе имеются случаи спорной интерпретации происхождения карбонатных пород, существенно отличающихся от типичных редкометалльных карбонатитов и по отсутствию типоморфных минералов, и по низкому содержанию редких металлов (табл.). Такие карбонатные (или карбонатсодержащие) тела могут иметь резкие контакты. Они представляют собой скарны либо высокотемпературные гидротермальные жилы. Наконец, экзогенные карбонаты могут попасть в магматические расплавы в виде ксенолита в (так же, как граниты, гнейсы и другие поро-

Таблица. Сопоставление содержаний петрогенных оксидов (масс. %) и микроэлементов (мкг/г) в карбонатных и карбонатсодержащих породах.

№ п/п	1	2	3	4	5
№ образца	М 5539/2	UC1	UC8	С-2001/18	23-б
SiO ₂	30.93				0.08
TiO ₂	1.13				0.02
Al ₂ O ₃	12.62				<НПО
Fe ₂ O ₃	3.04				Не опр.
FeO	2.34				0.50
MnO	0.46				0.31
MgO	4.60		Не определялось		0.15
CaO	22.72				56.04
Na ₂ O	0.90				0.12
K ₂ O	0.56				<НПО
P ₂ O ₅	0.23				<НПО
H ₂ O ⁻	1.79				Не опр.
ППП	4.91				Не опр.
CO ₂	13.95				42.35
Сумма	100.18				99.63
Sc	Не опр.		Не определялось	0.85	4.12
Rb	23			0.95	9.1
Sr	518	245	72	1630	16622
Y	18	2	4	13	254
Zr	90	2	2	3.2	Не опр.
Nb	13	1	1	0.74	1.65
Cs	5.31		Не определялось	0.08	Не опр.
Ba	527		Не определялось	134	933
La	19	0.76	0.85	30	977
Ce	30	0.59	1.59	34	1749
Pr	39(?)	0.18	0.34	3.9	213
Nd	18	0.50	1.29	17.3	723
Sm	3.3	0.11	0.33	3.05	75.7
Eu	1.13	0.02	0.13	0.56	18.5
Gd	3.7	0.16	0.34	1.95	52.3
Tb	0.56	0.02	0.07	0.26	8.83
Dy	3.23	0.14	0.41	2.24	30,3
Ho	0.6	0.03	0.08	0.45	5.46
Er	2.12	0.12	0.27	0.97	17.1
Tm	0.26	0.02	0.04	0.2	Не опр.
Yb	1.42	0.11	0.23	1.15	11.0
Lu	0.21	0.02	0.03	0.19	1.62
Hf	2.7			0.14	Не опр.
Ta	5.31		Не определялось	0.09	0.13
W	Не опр.			0.22	Не опр.
Pb	4.5	3	3	17.8	10.1
Th	2.18	1	1	1.75	1.46
U	0.69	1	1	1.09	0.07
Sr/Pr	?	1360	212	417	78
Ce/Pb	6.7	0.2	0.53	1.9	173
La/Yb	13	6.9	3.4	26	89

Примечание. 1 – “карбонатитовый туф” Амбинского вулкана [6]; 2–3 – карбонаты Улан, соответственно, I и II типов [13], 4 – гидротермальная карбонатная жила р. Ехе-Шигна (неопубликованные результаты аналитических исследований методом ICP MS в лаборатории изотопии и геохронологии ИЖ СО РАН образца В.П. Секина и Ю.В. Меньшагина, пробоподготовка М.Е. Марковой, измерения на масс-спектрометре Plasma Quad 2+); 5 – карбонатитовая жила Задойского (Жидойского) щелочно-ультраосновного массива (Восточный Саян) [9].

ды) и кристаллизоваться отдельными кристаллами или агрегатами. Предполагается, что карбонаты могут быть результатом вовлечения в плавление материала в различных геодинамических обстановках и что явные разграничения между магматически-гидротермальными скарновыми и некоторыми карбонатитовыми системами отсутствуют [11, 13 и ссылки в этих работах].

Примером спорных интерпретаций служат карбонаты Улсан мезозойской впадины Кёнганг на юго-востоке Кореи. Они находятся в серпентинитах в виде вертикального тела с поперечником 150–200 м, вмещающего крупную магнетитовую трубку с шеелитом и арсенипиритом и прорванную раннетретичными базитовыми дайками. Выделяются два типа карбонатов: 1) молочно-белый тонко-среднезернистый кальцит и 2) чистый белый крупнокристаллический (до 5 см) кальцит, ассоциирующий с базитовыми дайками, магнетитовой рудой и метасоматической минерализацией. Для кальцитов первого типа измерены интервалы $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ 2.4–4.0 ‰ и $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ 9.8–11.2 ‰, близкие к изотопному составу морских известняков, а для кальцитов второго типа, соответственно, интервалы 10.3–11.1 ‰ и 9.8–11.2 ‰, соответствующие магматическим кальцитам [13].

В бассейне р. Ехе-Шигна левого притока р. Урик, (Восточный Саян) опробована жила кремневых карбонатов мощностью до 0,5 м. Каких-либо типоморфных акцессорных минералов карбонатитов в ней не обнаружено. Аналитические исследования карбонатов показали высокое содержание Sr (1630 мкг/г) при низких концентрациях редкоземельных элементов (табл.) и высокое изотопное отношение $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (0,709356), сопоставимое с отношением в карбонатах нижнего палеозоя этой территории. По-видимому, жила образовалась в результате высокотемпературного гидротермального переотложения карбоната.

По сравнению с редкометалльными карбонатитами, карбонатные породы, генетически связанные с экзогенными карбонатами и переотложенные при магматизме или высокотемпературном гидротермальном процессе, обеднены редкими металлами при высоком Sr/Pb и низких La/Yb и Ce/Pb (табл.).

Может ли рассматриваться в качестве карбонатита карбонатное вещество, перераспределенное из экзогенных карбонатов в щелочнобазальтовом расплаве? Карбонатные обособления нередко встречаются в эндоконтактных зонах базанитовых магматических каналов. Идиоморфные кристаллы карбоната кремневого цвета размером до 2 см обнаружены, к примеру, в зоне эндоконтакта миоценового базанитового некка хр. Камар на юго-западном побережье оз. Байкал [8]. Карбонат захвачен из вмещающих пород слюдянской серии. Очевидно, что высокотемпературное контактное воздействие базанитового расплава способствовало мобилизации и усвоению карбоната. Геохимических исследований этих кристаллов не проводилось, но геологические условия их нахождения явно свидетельствуют о ксеногенности карбонатного вещества.

В.К. Поповым и др. установлен интересный геологический факт мобилизации экзогенных карбонатов под воздействием высокотемпературных щелочнобазальтоидных расплавов в малоглубинных условиях с усвоением карбонатного материала щелочными базальтоидами. Однако интерпретация этого факта как проявления магматизма карбонатитового типа вряд ли может быть принята безоговорочно. Карбонатный материал, кристаллизовавшийся совместно с силикатными фазами, не образовался в результате равновесной эволюции мантийного базанитового расплава, а был по отношению к нему ксеногенным. Фактически, в верхней части коры произошло смешение материала двух источников: глубинного мантийного источника, давшего базанитовый расплав, и малоглубинного корового источника экзогенных карбонатов. Такой процесс взаимодействия магматического материала с карбонатами в общем соответствует образованию скарнов. Этот процесс отличается от образования редкометалльных карбонатитов из смесей материала выплавки глубинных мантийных источников. Лучше бы называть такие методы “карбанотитоподобные”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Багдасаров Ю.А. О главных петро- и геохимических особенностях карбонатитов линейного типа и условиях их образования // Геохимия. 1990. № 8. С. 1108–1119.
2. Геологический словарь. Т. 1. М., 1978. 486 с.
3. Капустин Ю.Л. Минералы карбонатитов. М.: Наука, 1971. 230 с.
4. Майсэп Б., Бетчер А. Плавление водосодержащей мантии. М.: Мир, 1979. 123 с.
5. Плюснин Г.С., Самойлов В.С., Гольшев С.И. Метод изотопных пар $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$ и температурные фации карбонатитов // Докл. АН СССР. 1980. Т. 254, № 5. С. 1241–1245.
6. Попов В.К., Максимов С.О., Вржосек А.А., Чубаров В.М. Базальтоиды и карбонатитовые туфы Амбинского вулкана (Юго-Западное Приморье): геология и генезис // Тихоокеан. геология. 2007. Т. 26, № 4. С. 75–93.
7. Рассказов С.В. Флюидный режим кайнозойского вулканизма Юга Сибири. М., 1987. (Деп. в ВИЭМС 31.03.87, N 385-МГ. 26 с.).
8. Рассказов С.В. Магматизм Байкальской рифтовой системы. Новосибирск: ВО “Наука”. Сиб. изд. фирма, 1993. 288 с.

9. Рассказов С.В., Конев А.А., Ильясова А.М. и др. Задойский (548 млн лет) щелочно-ультраосновной массив, Присяжье, Юг Сибири: гетерогенность мантийных источников // *Геохимия*. 2007. № 1.
10. Солодов Н.А. Формационные типы редюметалльных карбонатитов // *Отеч. геология*. 1996. № 9. С. 12–18.
11. Lentz D. Carbonatite genesis: a reexamination of the role of intrusion-related pneumatolytic skarn processes in limestone melting // *Geology*. 1999. V. 27. P. 335–338.
12. Tatsumi Y., Arai R., Ishizaka K. The petrology of a melilite-olivine nephelinite from Hamada, SW Japan // *J. Petrol.* 1999. V. 40, № 4. P. 497–509.
13. Yang K., Hwang J.-Y., Yun S.-H. Petrogenesis of the Ulsan carbonate rocks from the south-eastern Kyongsang basin, South Korea // *The Island Arc*. 2003. V. 12. P. 411–422.