

УДК 552.3

ПЕТРОГРАФИЯ

А. Ф. БЕХТОЛЬД, О. С. ПОКАЧАЛОВА, В. С. ПРИХОДЬКО

ХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МИНЕРАЛОВ ГЛУБИННЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ ИЗ БАЗАЛЬТОВ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

(Представлено академиком Ю. А. Косыгиным 25 XI 1974)

Изучены химические особенности минералов ультраосновных включений из неоген-четвертичных щелочных базальтов Дальнего Востока (район Свиягинской сопки, вблизи г. Лесозаводска и верховьев р. Ануй). Включения первого местонахождения представлены породами перцолитового состава и различаются главным образом по текстурным и структурным признакам. Для второго местонахождения, наряду с перцолитами, характерны клинопироксениты, авгит-шпинелевые сростки, мегакристаллы авгита, оливина, шпинели и полевого шпата.

Определение химического состава минералов шпинелевых перидотитов проводилось на рентгеноспектральном микроанализаторе MS-46 при ускоряющем напряжении 15 кв. В измеренные отношения интенсивностей вводились поправки: на поглощения по методу Филибера ⁽⁸⁾ с учетом потенциала возбуждения характеристического излучения по Хейнриху ⁽⁵⁾ и на атомный номер по Шпрингеру ⁽⁹⁾. Массовые коэффициенты поглощения рассчитывались по таблицам Хейнриха ⁽⁶⁾. Сумму анализа, исходя из возможных погрешностей метода, считают удовлетворительной в пределах 98,5–101,5% (исключение составляют шпинели, для которых сумма анализов не поднимается выше 97,57%).

Таблица 1

Средний состав минералов из ультраосновных включений в базальтах (ат. колич.)

Компонент	Оливин (n=19)		Энстатит (n=8)		Моноклинный пироксен (n=16)	
	$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S
Si	1016	9	1911	23	1871	18
Al ^{IV}	—	—	89	23	129	18
Al ^{VI}	—	—	88	28	138	41
Ti	—	—	3	—	13	8
Cr	—	—	11	2	26	5
Fe ²⁺	204 *	28	189 *	16	82 *	3
Mn	1	—	3	—	4	2
Mg	1777	27	1653	41	820	53
Ca	—	—	25	4	799	42
Na	—	—	14	7	116	38
K	—	—	—	—	—	—
f, % **	—	—	11,1	1	13,3	1,4
f', % ***	10,3	1,4	10,4	0,9	9,6	0,7
Ca : (Ca+Mg)	—	—	—	—	49,4	1,3

* Все железо в виде Fe²⁺.

$$** f = \frac{Fe^{3+} + Fe^{2+} + Mn + Cr + Ti}{Fe^{3+} + Fe^{2+} + Mg + Mn + Cr + Ti} \times 100.$$

$$*** f' = \frac{Fe^{2+} + Mn}{Fe^{2+} + Mn + Mg} \times 100.$$

Оливины характеризуются наиболее простым и постоянным составом среди минералов шпинелевых перидотитов (табл. 1). Максимальные и минимальные значения фаялитовой молекулы, соответственно равны 13,6 и 7,6%. Содержания ряда второстепенных компонентов (TiO_2 , Al_2O_3 , CaO , Na_2O и K_2O) исчезающе малы и находятся в пределах ошибки анализов. Сравнение оливинов из ультраосновных пород глубинных включений в базальтах и кимберлитах показывает слабые различия в содержании фаялитового минала, хотя и наблюдается тенденция некоторого уменьшения этого компонента в оливинах, включенных в алмазы (²).

Ромбические пироксены включений являются высокомагнезической разновидностью и характеризуются повышенными значениями глинозема, что позволяет отнести их к алюмоэнстатитам (табл. 1). Са-компонента содержится $2,5 \pm 0,5\%$, а алюмочермакита $9 \pm 1\%$. В пироксенах уста-

навливается примесь Na_2O , содержание которой колеблется от 0,05 до 0,15%, причем количество этого окисла в пироксенах второго местонахождения группируется около значения 0,14% (5 анализов). Достаточно четкая положительная корреляция натрия с алюминием и отрицательная этих катионов с магнием, выявляющаяся визуально, позволяет предполагать изоморфное замещение в ортопироксенах по схеме $\text{NaAl} \rightarrow 2\text{Mg}$ с образованием жадеитового компонента.

Таблица 2

Коэффициенты корреляции между катионами моноклинных пироксенов					
Катион	Na	Ca	Mg	Ti	Al^{VI}
Si	-0,65	0,20	0,48	-0,39	-0,40
Al^{VI}	0,93	-0,85	-0,92	0,82	
Ti	0,75	-0,70	-0,83		
Mg	-0,89	0,62			
Ca	-0,83				
Na					

Химические составы шпинелей (вес.%)

Образец	SiO_2	TiO_2	CrO_3	Al_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	Σ
I ($n=2$)	0,08	0,06	21,31	46,49	12,15	0,17	17,30	0,00	0,00	0,00	97,57
II ($n=3$)	0,06	0,10	8,52	56,15	10,85	0,05	20,99	0,00	0,01	0,01	96,74

Моноклинные пироксены представлены хромистыми авгитами низкой железистости ($p=13,3 \pm 2$; $p'=9,6 \pm 1\%$), с повышенными значениями Al_2O_3 и Na_2O (табл. 1). В табл. 2 приведены полные коэффициенты корреляции между катионами (для Cr, Fe и Mn коэффициенты корреляции не рассчитывались из-за малой дисперсии и (или) содержания). Наибольший интерес для кристаллохимических задач представляют связи Al и Na (положительные) и Ca, Mg (отрицательные). Возможно несколько случаев реализации этих связей, и в частности $\text{NaAl} \rightarrow \text{Ca}(\text{Mg})$; вполне вероятно, что отрицательная связь Ca и Al обусловлена одновременным вхождением чермакитовой и жадеитовой молекул (⁴). Судя по частным коэффициентам корреляции между этими катионами, наиболее реально предположить следующие типы замещения: $\text{NaAl} \rightarrow 2\text{Mg}$; $\text{NaAl} \rightarrow 2\text{Ca}$; возможен дефектный изоморфизм $3\text{Mg} \rightarrow 2\text{Al}$ и $3\text{Mg} \rightarrow \text{AlTi}$. Частные коэффициенты корреляции между Ca и Mg при постоянных Na, Al становятся отрицательными, что свидетельствует о малой вероятности замещения $\text{NaAl} \rightarrow \text{Ca}(\text{Mg})$.

Шпинели изученных включений характеризуются двумя разновидностями, различающимися по содержанию Al_2O_3 , Cr_2O_3 и, в меньшей степени, других компонентов (табл. 3). Высокохромистая шпинель встречена в парагенезисе с оливином, при незначительном развитии обоих пироксенов. Вторая разновидность характерна для лерцолитового парагенезиса (Ол»

»Рп>Мп>Шп). Установленный факт хорошо согласуется с данными по альпинотипным гипербазитам (³), на примере которых показано, что состав акцессорных хромшпинелидов зависит от состава материнских пород: к дунитам приурочены обогащенные хромом и железом пикотиты, к гарцбургитам — пикотиты с нормальными для них соотношениями окислов и к лерцолитам — плеонасты с низкими содержаниями железа и хрома. В этой связи становятся понятными значительные вариации составов этого минерала из ультраосновных включений, поскольку последние включают обширную группу пород (дуниты, лерцолиты, гарцбургиты, вебстериты и др.).

Приведенные данные, полученные при помощи рентгеноспектрального микроанализатора, позволили существенно уточнить ряд химических особенностей минералов гипербазитовых включений. Это, в первую очередь, касается кристаллохимических связей в моноклинных пироксенах, закономерного вхождения Na_2O в структуру ортопироксена и т. п. Становится все более ясным, что, несмотря на кажущееся однообразие ультраосновных включений, их химический состав, содержащая отдельные компоненты в минералах испытывают значительные колебания, связанные в основном с различными P — T -режимами образования. Судя по особенностям распределения катионов в сосуществующих минералах, условия стабильности этих пород ограничиваются четко выраженной полосой на P — T -диаграмме — температура 750 — 800° при давлении 5 кбар и 1000 — 1050° при 30 кбар (⁷), что соответствует области низов земной коры и верхней мантии.

По существующим методикам оценки температур и давлений (⁴, ⁷), включения шпинелевых перидотитов из базальтов Свиягинской сопки характеризуются следующими параметрами: $T=890^\circ\pm 30$ и $P=17\pm 1$ кбар; аналогичные образования из верховьев р. Анюй: $T=890^\circ\pm 30$ и $P=10\pm 1$ кбар.

Институт тектоники и геофизики
Дальневосточного научного центра
Академии наук СССР
Хабаровск

Поступило
15 XI 1974

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Н. Л. Добрецов и др., Породообразующие пироксены, М., 1971. ² И. В. Соболев, Глубинные включения в кимберлитах и проблема состава верхней мантии, Автореф. докт. дисс., 1971. ³ Г. В. Пинус и др., Альпинотипные гипербазиты Анадырско-Корякской складчатой системы, Новосибирск, 1973. ⁴ B. T. C. Davis, F. R. Boyd, J. Geophys. Res., № 14, 72 (1966). ⁵ K. F. J. Heinrich, II Conf. on Electron Microprobe Analysis, Electron. Probe Analysis Soc. of America, Boston, Mass., 1966. ⁶ K. F. J. Heinrich, The Electron Microprobe, № 4 (1966). ⁷ Jan. Macgregor, Am. Min., № 1 (1974). ⁸ J. Philibert, Publ. Inst. Res. Sid., Ser. B, № 51 (1965). ⁹ G. Springer, Neues Jahrb. Mineral. Monstsh., B. 113 (1966).