

Б. А. МАЛЬКОВ

БРУСИТ В КИМБЕРЛИТАХ

(Представлено академиком Д. С. Коржинским 4 VI 1973)

Проблемы, касающиеся процессов серпентинизации дунитов и перидотитов, в значительной степени решены усилиями многих исследователей (¹⁻⁷). Вопрос серпентинизации кимберлитов еще не нашел удовлетворительного петрологического решения. Одни считают, что образование серпентина происходило в полностью консолидированной породе (^{8, 9}), другие предполагают его реакционное возникновение при взаимодействии кристаллов оливина с водонасыщенным расплавом (^{10, 11}). Большинство исследователей рассматривают серпентинизацию кимберлитов как автометаморфический процесс, происходящий под действием магматогенных растворов (¹²⁻¹⁴), связанных с очагом кимберлитовой магмы.

Объемные эффекты, сопровождающие процесс серпентинизации, все еще не нашли однозначного объяснения. Одни исследователи приводят доказательства изообъемной серпентинизации вкрапленников оливина (¹²), полагая, что таким же является и процесс серпентинизации кимберлита в целом. Тогда становится необходимым вынос из породы значительного количества вещества. Другие приводят доводы, свидетельствующие об отсутствии какого бы то ни было выноса вещества во вмещающие породы (⁹). Третьи, наконец, считают, что происходило «разбухание» кимберлита, о чем в трубках свидетельствуют зонки рассланцевания и зеркала скопления субвертикального направления (^{8, 15}).

Наиболее парадоксально отсутствие в обширной литературе, посвященной кимберлитам, каких-либо указаний на присутствие в них породообразующего брусита, хотя и отмечались его поздние гидротермальные прожилки в кимберлитах Далдынского и Мунского полей Якутии (¹⁶).

Наши исследования, выполненные для частично и полностью серпентинизированных кимберлитов Далдынского, Куойкского и Мунского полей Якутии, привели нас к выводу о изохимическом характере серпентинизации кимберлитов и логической необходимости появления в них брусита, присутствие которого в переменных количествах подтвердили петрохимические расчеты, термогравиметрические и рентгенометрические исследования (табл. 1-3).

При серпентинизации оливина из кимберлитов (табл. 1, № 7), содержащего 6-8% Fe ($f=13\%$), может образоваться 93,3 вес. % магнезиального серпентина и 12,3 вес. % брусита. Продукты гидролиза составят 114,8% по отношению к весу оливина. Максимальное количество брусита в продуктах полной серпентинизации оливина, как показывают расчеты, 10,7 вес. %. В ряду кимберлитов с переменным содержанием оливина от 80 до 40 вес. % теоретически мыслимы и пропорциональные ему количества брусита. Однако количество брусита в кимберлитах определяется не только содержанием оливина в свежей породе, но и составом мезостазиса, и в частности количеством флогопита в нем. Флогопит содержит избыток кремнезема над окисью магния по сравнению с формулой хлорита. И избыток этот определяет, какая часть высвобожденной из оливина при его серпентинизации окиси магния будет израсходована на синтез серпентина в мезостазисе и сколько ее еще останется для образования брусита.

Таблица 1

Кимберлиты Якутии с потенциальным и реальным бруситом

Компонент	Содержание в кимберлитах, %						Содержание в минералах, %			
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6 (17)	№ 7	№ 8 (17)	№ 9	№ 10
SiO ₂	32,86	31,08	27,06	27,63	30,0 ⁰	27,10	40,46	38,84	21,56	43,35
TiO ₂	0,38	1,37	1,12	1,35	1,4 ⁰	2,04	Сл.	0,40	—	—
Al ₂ O ₃	3,09	2,94	2,97	1,05	1,9 ⁰	2,36	0,10	12,75	36,58	—
Fe ₂ O ₃	2,86	4,29	4,03	6,94	7,4 ⁴	6,64	0,80	1,39	—	—
FeO	4,18	4,90	3,82	2,04	1,2 ⁴	2,47	6,61	4,03	—	—
MnO	0,13	0,24	0,25	0,25	0,2 ³	0,17	0,27	0,05	—	—
NiO	—	—	—	—	—	0,15	0,40	0,10	—	—
MgO	36,38	33,25	29,16	31,38	34,9 ⁵	29,27	49,23	24,42	28,93	43,65
CaO	6,38	8,20	13,27	8,26	3,9 ¹	9,99	1,11	1,46	—	—
Na ₂ O	0,15	0,21	0,05	0,04	0,1 ⁵	0,22	0,13	0,26	—	—
K ₂ O	0,68	0,87	0,86	0,37	0,1 ⁰	0,22	0,13	0,26	—	—
H ₂ O ⁺	7,05	4,69	4,96	12,02	0,9 ¹	1,10	0,09	9,40	—	—
H ₂ O ⁻	0,76	1,04	0,96	1,25	12,6 ⁶	11,86	—	4,85	12,93	13,00
CO ₂	4,35	5,12	9,90	6,32	1,3 ⁶	(1,92)	0,66	(1,10)	—	—
P ₂ O ₅	0,41	0,42	0,89	0,48	2,4 ⁰	6,03	—	0,74	—	—
Cr ₂ O ₃	—	—	—	—	0,5 ⁰	0,60	0,04	—	—	—
	—	—	—	—	—	0,07	—	0,29	—	—
Сумма	99,66	98,62	99,30	99,38	99,08	100,07	99,50	99,79	100,00	100,00
Оливин	22,27	35,54	23,46	—	—	—	100,0	—	—	—
Флогопит	7,11	9,22	9,18	3,93	9,54	11,67	—	100,0	—	—
Mg ₄ Al ₂ [Al ₂ Si ₂ O ₁₀](OH) ₈	5,94	4,81	4,92	1,49	1,94	2,38	—	—	100,0	—
Mg ₆ [Si ₄ O ₁₀](OH) ₈	45,60	27,80	29,79	59,46	59,62	50,86	—	—	—	100,0
Mg(OH) ₂	—	—	—	5,44	8,73	5,09	—	—	—	—
MgO	2,02	—	0,33	—	—	—	—	—	—	—
CaCO ₃	9,78	11,49	21,12	13,61	5,43	13,51	—	—	—	—
MgCO ₃	—	—	1,13	0,59	—	—	—	—	—	—

Ca₃(PO₄)₂
Fe₂O₃
FeO
TiO₂
CaO
H₂O+
H₂O-
Остаток

0,91
2,58
2,42
0,35
—
—
0,76
0,26

0,90
3,88
2,18
1,33
0,75
—
0,81
1,29

1,93
3,71
1,90
1,08
—
—
0,96
0,49

1,05
6,89
1,88
1,34
—
2,24
1,21
0,87

1,09
7,31
0,85
1,36
—
1,46
1,36
1,31

1,21
6,48
2,00
1,99
1,54
2,80
—
—

Сумма
f, %
d

100,0
46,2
2,73

100,0
21,65
2,92

100,0
21,2
2,82

100,0
22,2
2,51

100,0
19,9
2,54

100,0
23,74
—

100,0
13,08
3,32

100,0
18,16
2,80

100,0
—
—

100,0
—
—

Примечание. №№ 1—3 — разновидности свежих базальтовых кимберлитов Куойского (1,3) и Далдынского (2) полей Якутии с потенциальным бруситом: 1 — трубка Обанжания, 2 — трубка Удачная, восточная ветвь, 3 — трубка Оливиновая. №№ 4—6 — разновидности серпентинизированных и содержащих брусит кимберлитов Далдынского (4), Мунского (5), Мало-Ботубинского (6) полей Якутии: 4 — трубка Удачная, восточная, 5 — трубка Новинка, 6 — трубка Мир. №№ 7—10 — составы минералов, использованные при расчете минерального состава кимберлитов: 7 — оливин из кимберлита трубки Удачной, восточной, 8 — флогопит из трубки Мир, 9 — амезит теоретический, 10 — антиторт теоретический.

Присутствие брусита можно ожидать только в кимберлитах с высоким первоначальным содержанием оливины при условии их достаточно полной серпентинизации. Именно в кимберлитах с такими особенностями (табл. 1 и 3, №№ 4, 5, 6, 54—63) термогравиметрическим и рентгенометрическим методами было установлено присутствие криптокристаллического брусита в количествах, близких к расчетным. Частично серпентинизированные кимберлиты типа №№ 1—3 (табл. 1) могут не содержать брусита в определенных количествах.

При серпентинизации кимберлитов несомненен факт увеличения количества вещества (продуктов серпентинизации) в 1,15 и значительное разуплотнение вещества серпентиновых псевдоморфоз по оливину в 1,27 раза. Поскольку в кимберлитовом мезостазисе, состоящем из серпентина, флогопита, кальцита и магнетита, при серпентинизации кимберлитов не происходит образования новых высокоплотных фаз, то в целом процесс серпентинизации должен сопровождаться неизбежным расширением кимберлита. Сравнение серии образцов различной степени серпентинизации, но близкого химического состава показывает (табл. 3), что плотность породы в целом снижается с 2,92 до 2,50 г/см³, т. е. в 1,17 раза, что вызвано соответственным увеличением объема кимберлита при полной серпентинизации содержащегося в нем оливины.

Изученные породы — типичные представители семейства кимберлитов, а следовательно криптокристаллический брусит — это закономерный компонент всех тех разновидностей кимберлитов, составы которых удовлетворяют условию избытка MgO над SiO₂ по отношению к формуле серпентина, как, например, кимберлиты из трубки Мир с глубины 1174 м (табл. 1, № 6), где вероятно присутствие 5 вес. % брусита. Ассоциация брусита с лизардитом свидетельствует об изохимическом характере серпентинизации кимберлитов, протекающей, в соответствии с экспериментальными данными (1, 5), при

Результаты рентгеноструктурного анализа бруситов из кимберлитов Якутии

hkl	Трубка Удачная, восточная ветвь								Трубка Новинка							
	№ 1		№ 2		№ 3		№ 4		№ 5		№ 6		№ 7			
	I	d, Å	I	d, Å	I	d, Å	I	d, Å	I	d, Å	I	d, Å	I	d, Å	I	d, Å
101	4	2,32	2	2,33	2	2,33	10	2,37	2	2,26	2	2,29	10	2,3		
102	1	1,788	1	1,788	1	1,797	9	1,799	1	1,795	1	1,773	9	1,7		
110	—	—	—	—	—	—	5	1,572	—	—	—	—	5	1,5		
111	2	1,504	2	1,502	2	1,506	4	1,494	3	1,512	2	1,504	4	1,4		
201	2	1,309	2	1,313	5	1,309	5	1,312	3	1,312	1	1,311	5	1,3		

Примечание. №№ 1,5 — материал псевдоморфоз по оливину; №№ 2,6 — обогащенные бруситом в тяжелых жидкостях фракции кимберлитов; № 3 — «серпофит» из псевдоморфозы по оливину; №№ 4, 7 — неомалит из жилков в кимберлитах. Анализ выполнен фотометодом в Fe-излучении в камере $D = 57,3$ мм аналитиком Т. А. Поповой.

Таблица 3

Минеральный состав кимберлитов различной степени серпентинизации, их плотность, железистость и основные компоненты

№ анализа	d, г/см ³	f, %	Химические компоненты, вес. %			Минеральные компоненты, вес. %			
			MgO	FeO	H ₂ O	Ol	Sp	Br	Cc
2	2,92	21,6	33,25	4,90	4,69	35,54	31,4	—	11,6
3	2,82	21,2	29,16	3,82	4,96	23,50	29,5	—	21,1
1	2,73	16,2	36,58	4,18	7,05	22,30	53,7	—	9,8
60	2,69	21,9	32,36	2,23	8,75	—	34,8	4,8	17,8
61	2,68	24,1	29,47	1,95	7,91	—	44,5	3,2	21,9
62	2,64	21,1	32,08	2,67	10,12	—	37,8	6,6	16,0
63	2,55	21,4	30,75	2,53	10,62	—	52,9	5,6	17,9
59	2,54	23,7	30,09	2,27	9,32	—	42,9	5,2	19,7
54	2,55	20,3	27,87	1,98	10,09	—	40,6	6,4	22,5
56	2,55	20,9	28,66	1,52	10,04	—	46,0	7,2	21,8
4	2,51	22,2	31,38	2,04	12,02	—	69,0	8,9	13,6
57	2,49	20,8	31,33	2,08	12,20	—	53,8	9,7	14,7
5	2,54	19,9	34,95	1,24	12,61	—	50,6	10,5	5,4
6	—	23,7	29,27	2,47	11,86	—	53,0	5,0	13,5

Примечание. Химические анализы выполнены Н. А. Мальковой. Серпентин и брусит рассчитаны по данным термогравиметрического анализа, кальцит — по данным химического анализа. №№ 1—6 — то же, что в табл. 1; №№ 54—63 — серпентинизированные с бруситом кимберлиты из трубки Удачной, восточной. Термоаналитик В. В. Беляев.

относительно низких температурах (порядка 350—400°) и сопровождающейся значительным увеличением объема породы.

Институт геологии Коми филиала
Академии наук СССР
Сыктывкар

Поступило
30 V 1973

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ N. L. Bowen, O. F. Tuttle, Bull. Geol. Soc. Am., v. 60, № 3 (1949). ² Д. С. Коржинский, Минералогич. сборн. Львовск. геол. общ., № 14 (1960). ³ Д. С. Штейнберг, Международный. геол. конгресс, XXI сессия, Докл. сов. геол., Проблема 13, М., 1960, стр. 250. ⁴ Д. С. Штейнберг, И. А. Малазов, ДАН, т. 156, № 2 (1964). ⁵ Р. В. Hostetler, R. G. Coleman et al., Am. Mineral., v. 51, 1—2 (1966). ⁶ Д. С. Штейнберг, И. С. Чашукин, ДАН, т. 186, № 2 (1969). ⁷ И. А. Малазов, ДАН, т. 200, № 1 (1971). ⁸ А. П. Бобриневич, И. П. Илупин и др., Петрография и минералогия кимберлитовых пород Якутии, 1964. ⁹ В. И. Михеенко, ДАН, т. 202, № 5 (1972). ¹⁰ I. Verhoogen, Ann. Serv. Mines, 9 (1940). ¹¹ А. А. Лебедев, Г. И. Смирнов, В. сб. Геология алмазных месторождений. Тр. Якутск. фил. СО АН СССР, № 9 (1963). ¹² В. А. Милашев, М. А. Крутойярский и др., Кимберлитовые породы и пикритовые порфиры северо-восточной части Сибирской платформы, М., 1963. ¹³ В. А. Милашев, Петрохимия кимберлитов Якутии и факторы их алмазности, 1965. ¹⁴ Г. В. Зольников, В. К. Маршинцев, Геология и геофизика, № 5 (1965). ¹⁵ С. И. Костровицкий, Геология и геофизика, № 11 (1972). ¹⁶ А. Д. Харьков, Геология и геофизика, № 8 (1961). ¹⁷ Е. В. Францесон, Петрология кимберлитов, 1968.