

УДК 552.11:[552.323.5+552.33.5]:[549:54-43](571.55) ПЕТРОГРАФИЯ

А. Ф. ГРАЧЕВ, Э. И. БЛЮМШТЕЙН, Е. П. СОКОЛОВА, А. И. ЛЕВЫКИН

ЛЕРЦОЛИТОВЫЕ НОДУЛИ В ЩЕЛОЧНЫХ БАЗАЛЬТАХ
СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАЙКАЛЬСКОГО РИФТА

(Представлено академиком Д. С. Коржинским 3 V 1972)

Ультраосновные включения, или нодули, в щелочных базальтоидах вызывают повышенный интерес широкого круга исследователей в связи с проблемой строения и состава верхней мантии (^{1, 2}). Особое значение в этом отношении представляет первая находка таких включений в северо-восточной части Байкальского рифта, позволяющая выяснить связь вулканизма со структурой и глубинным строением рифтовых областей.

Рассматриваемые нодули были найдены в 1968 г. в сводовой части хр. Удокан (Становое нагорье), ограничивающего с юга Чарский рифт, в 2,5 км к северо-западу от истока р. Куас. В этой части хребта установлен рой базальтовых даек, которые являлись подводящими каналами для мощной толщи среднечетвертичных покровных базальтов. Непосредственным местом находки является жерло моногенного вулкана, вскрытое эрозией на глубину около 80 м, где отчетливо видно, что скопление нодулей тяготеет к самим низам жерла. Контакт базальтов жерловой фации с вмещающими базальтами выражен зоной лавобрекций мощностью 3–4 м с обломками размером до 1 м. Жерло сложено оливин-пироксеновыми мелкопорфировыми базальтами с редкими субфенокристаллами олигоклаза. Химический анализ этих базальтов (табл. 1, а) и их нормативный состав отвечает щелочным нефелин-нормативным базальтам.

Нодули представляют собой эллипсовидные по форме средне- и крупнозернистые включения диаметром до 30 см, среди которых по цвету выделяются зеленые и красные разновидности: между вмещающими базальтами и нодулями наблюдаются неравновесные отношения, выражющиеся в наличии реакционных кайм из пироксена, распространении тонких прожилков лейстовидного плагиоклаза и вулканического стекла в нодуле и развитии реакционных кайм в пироксенах, соприкасающихся с прожил-

Таблица 1

Компонент	а	б	в	1	2	3	4	5	6
SiO ₂	44,50	44,20	43,51	—	55,72	40,55	—	54,20	40,63
TiO ₂	2,69	0,16	0,16	0,47	0,14	0,04	0,42	0,14	0,04
Al ₂ O ₃	13,69	2,22	4,85	4,97	4,25	0,87	4,21	4,30	0,88
Fe ₂ O ₃	4,07	1,80	1,91	—	1,00	1,71	3,52	4,42	1,42
FeO	8,50	6,58	6,46	3,78	5,35	8,36	—	2,32	8,50
MnO	0,16	0,10	0,13	0,12	0,18	0,10	0,13	0,19	0,10
MgO	9,88	41,30	40,68	16,22	32,00	47,79	17,01	32,40	47,95
CaO	9,06	1,92	1,98	16,16	0,60	0,26	17,14	0,36	0,30
Na ₂ O	3,66	0,23	Нет	1,60	0,16	0,04	1,60	0,17	0,05
K ₂ O	2,28	0,21	0,07	0,08	0,10	0,08	0,10	0,15	0,09
H ₂ O ⁺	0,06	0,57	0,10	—	Не опр.	Не опр.	—	0,80	Не опр.
Cr ₂ O ₃	0,08	0,22	Не опр.	0,81	»	»	0,80	Не опр.	»

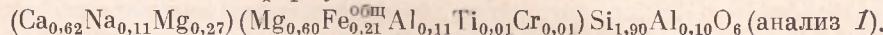
Сумма 99,70 99,36 100,10 — 99,96 99,80 — 99,45 99,96

П р и м е ч а н и е. а — вмещающий пироксен-оливиновый щелочнобазальт, обр. № 625/4; б — красный лерцолитовый нодуль, обр. № 625/4к; в — зеленый нодуль, обр. № 625/43. Коллекция А. Ф. Грачева, 1, 4, — субкальциевые омфациты; 2, 5 — энстатиты; 3, 6 — форстериты. Валовые химические анализы (%) выполнены во Всесоюзном геологическом институте и в Институте геологии Арктики Л. Г. Финаниной; химические анализы минералов (%) из микронавесок во Всесоюзном геологическом институте Г. В. Щербович, К. А. Баклановой, Т. А. Сорокиной.

ками. Нодули красного цвета отличаются от зеленых наличием окислов железа по трецинам и краям зерен пироксенов и оливина.

Микроскопическое изучение и количественно-минералогический анализ показывает, что нодули являются перцолитами, состоящими из моноклинного пироксена (субкальциевого омфацита?) 45%, ромбического пироксена (энстатита) 35–40%, оливина (форстерита) 10–15% и акцессорной зеленой шпинели. Перцолитовый состав подтверждается валовыми химическими анализами нодулей (табл. 1 б, в).

Субкальциевый омфацит (?) нодулей обладает макроскопически ярко-зеленой окраской, под микроскопом бесцветный. Распространен в идиоморфных зернах размером 0,8–1,8 мм. Кристаллооптические константы, параметры кристаллической решетки и химические анализы двух клинопироксенов почти аналогичны (табл. 1 и 2, 1, 4). Характерный для омфацитов дефицит кальция компенсируется здесь магнием, как это видно из кристаллохимической формулы:



Своебразие состава находит отражение и в метрике решетки, что видно по увеличению параметра c , $\angle\beta$ и увеличению объема элементарной ячейки (³, ⁴). Отметим также умеренное количество хрома.

Энстатит ($\text{En}_{90}\text{Fs}_{10}$) встречается в желтовато-зеленых слабоокрашенных идиоморфных зернах размером 0,5–20 мм, иногда с неотчетливым плеохроизмом в розовых тонах. Кристаллооптические константы и параметры решетки приводятся в табл. 2 (2, 5), а химический состав в табл. 1. Из кристаллохимической формулы $(\text{Ca}_{0,02}\text{Na}_{0,001}\text{Fe}_{0,15}^{2+}\text{Mg}_{0,32})(\text{Mg}_{0,83}\text{Al}_{0,10}-\text{Fe}_{0,03}^{3+})\text{Si}_{1,93}\text{Al}_{0,07}\text{O}_6$ (анализ 2) видно высокое содержание Al_2O_3 . Уменьшение параметра b основано на различии ионных радиусов Mg и Al: последний, как видно из формулы, занимает одну из структурных позиций Mg.

Форстерит ($\text{Fa}_{15-18}\text{FO}_{82-85}$) представлен гипидиоморфными зернами, не измененными в зеленом нодуле и иногда имеющими окисную каемку в красном. Кристаллооптические, рентгенометрические и химические данные приведены соответственно в табл. 1 и 2 (анализы 3 и 6). Полученная кристаллохимическая формула $(\text{Ca}_{0,01}\text{Fe}_{0,17}^{2+}\text{Mg}_{0,82})(\text{Mg}_{0,93}\text{Fe}_{0,03}^{3+}\text{Al}_{0,02})-\text{Si}_{1,90}\text{Al}_{0,01}\text{O}_8$ (анализ 3) обычна для составов оливина ультраосновных включений в щелочных базальтоидах, но в данном случае показывает некоторую роль полуторных окислов и кальция, насколько это возможно для структуры оливина.

Шпинель наблюдалась под микроскопом в желто-зеленых зернах неправильного габитуса, причем энстатит встречен в виде пойкилитовых включений в шпинели.

Таблица 2

Параметр, константа	1	2	3	4	5	6
a , Å	9,694	18,253	$4,764 \pm 0,001$	9,692	18,248	$4,767 \pm 0,001$
b , Å	8,868	8,790	—	8,861	8,802	—
c , Å	5,248	5,198	$5,98 \pm 0,02$	5,248	5,186	$5,99 \pm 0,01$
$a \cdot \sin \beta$, Å	9,298	—	—	9,298	—	—
$\angle\beta$	106°27'	—	—	106°24'	—	—
$\Delta d_{133-060}$	—	0,020	—	—	0,018	—
N_g^g	1,701	1,675	1,689	1,700	1,681	1,691
N_p^g	1,671	1,665	1,650	1,671	1,674	1,655
N_m^m	1,679	—	1,669	1,678	—	1,671
$N_g^g - N_p^g$	0,030	0,010	0,039	0,029	0,007	0,039
$2V$, град	46	—104	—95	47	—100	—95
$N_g : [001]$	40	—	—	39	—	—

Примечание. Минералы красного и зеленого перцолитовых нодулей. 1–6 — то же, что в табл. 1. Рентгенометрические исследования проведены во Всесоюзном геологическом институте порошковыми методами: фотографическим в камерах $d = 142,3$ мм и дифрактометрическим на УРС-50 ИМ, Си-излучение, Ni-фильтр. Поправка вводилась по специальному снимку смеси с NaCl . Запись дифрактограммы производилась со скоростью 0,5 град/мин.

Приведенные данные позволяют считать, что образование омфацитового пироксена — типоморфного минерала эклогитов — и высокоглиноземистого энстатита из исследованных подулей происходило в условиях высоких давлений, не менее 10 кбар (5).

Нами было проведено исследование скоростей продольных сейсмических волн в изученных нодулях и вмещающих базальтах при давлении 10 и 20 кбар и температуре 20°. Аналогичная работа была проделана лишь дважды (6, 7). Полученные значения скоростей (табл. 3) для ноду-

Таблица 3

Образец	Плотность, г/см ³	Пористость, %	Магнитная восприимчив., 10 ⁻⁶ х.	V _p при 20°, км/сек	
				10 кбар	20 кбар
а	2,903	4,02	1650	6,5	7,0
б	3,325	0,66	40	8,85	9,57
в	3,244	Не опр.	Не опр.	8,70	9,20

Приложение. Плотность, пористость и магнитная восприимчивость определялись в Институте геологии Арктики В. Л. Тихомировой; измерение скорости упругих волн — на установке высокого давления Института физики Земли АН СССР (8).

лей и базальтов резко различаются. Давления 10 и 20 кбар соответствуют глубинам примерно 35 и 70 км, поэтому введение поправки на температуру (0,5% V_p на 100° (8)) понизят значения скоростей в базальте до нормальных для «базальтового» слоя (6,1–6,6 км/сек), а скорости для нодулей, тем не менее, останутся аномально высокими по сравнению с известными скоростями для земной коры.

Эти результаты имеют важное значение как для выяснения генезиса ультраосновных включений, так и для геологической интерпретации геофизических данных по глубинному строению Байкальского рифта.

Магнито-теллурическим зондированием под Байкальским рифтом на глубине 35–40 км установлено существование зоны разогрева с температурой не менее 1000° (9). По данным г.с.з., этим же глубинам соответствуют скорости продольных сейсмических волн 7,7–7,8 км/сек (10). Представляется, что зона разогрева и пониженных скоростей сейсмических волн является коро-мантийной смесью (11), в которой при высоких давлениях (10 кбар < P_{общ} > 20 кбар) и температуре 1300° (5, 12) происходит плавление мантии. Вероятно, что лерцолитовые нодули были вынесены на поверхность при излиянии щелочных базальтов именно из зоны коро-мантийной смеси.

Ленинградский государственный университет
им. А. А. Жданова

Поступило
4 IV 1972

Всесоюзный геологический
научно-исследовательский институт
Ленинград

Институт физики Земли им. О. Ю. Шмидта
Академии наук СССР
Москва

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- 1 H. Kuno, Geophysical Monograph, № 13, Am. Geophys. Union, 1969.
- 2 I. D. McGregor, J. Geophys. Res., 73, № 12 (1968).
- 3 K. Aoki, J. Kushiro, Contr. Mineral. and Petrol., 18, № 4 (1968).
- 4 I. R. Clark, J. J. Papke, Am. Mineral., 57, № 5–6 (1970).
- 5 D. H. Green, W. H. Hibberson, Phys. Earth and Planet. Interiors, 3, 1970, p. 277.
- 6 H. Kamatogi, H. Mizutani, Bull. Earthquakes Res. Inst., 43, 1 (1965).
- 7 A. И. Левыкин, А. И. Фарберов, Сборн. Ксенолиты и гомогенные включения, М., 1969.
- 8 U. Schmucker, Handbook of Geochemistry, 1, N. Y.—Berlin, 1969, p. 134.
- 9 В. И. Попсев, Геология и геофизика, № 5 (1965).
- 10 N. N. Рузгев, M. N. Mandelbaum et al., Symposium. Structure of the Crust and Mantle Beneath Inland and Marginal Seas, Madrid, 1969, Amsterdam, 1970.
- 11 K. L. Cook, Advances in Geophys., 9, N. Y., 1962.
- 12 A. E. Ringwood, Continental Margins and Island Arcs, 1966, p. 335.
- 13 М. П. Воларович, А. И. Левыкин, Н. Е. Галдин, ДАН, 157, № 6 (1964).