

УДК 549.642+549.643+549.651+552.321.5

МИНЕРАЛОГИЯ

Г. А. СИДОРЕНКО, В. В. ПЛОШКО, Ю. А. БОГДАНОВ, Л. С. АБРАМОВА

ПИРОКСЕНЫ, ПЛАГИОКЛАЗ И АМФИБОЛ ИЗ ГАББРОИДОВ ГЛУБОКОВОДНОЙ ВПАДИНЫ РОМАНШ (АТЛАНТИКА)

(Представлено академиком Н. В. Беловым 14 X 1971)

Петрография габброидов глубоководной впадины Романш, расположенной в центральной части Атлантики (подводный Срединный Атлантический хребет) в литературе освещена ранее (^{1, 2, 5, 6, 9}). В настоящей работе изложены первые данные по минералогии базитов Романша.

Как известно (^{1, 2}), в отмеченной впадине распространена ассоциация горных пород, близкая габбро-перидотитовой (габбро-пироксенит-дунитовой) формации материков. Она представлена полевошпатовыми перидотитами и пироксенитами, их серпентинизированными разновидностями, серпентинитами, троктолитами, меланократовыми норитами, нормальным и оливиновым габбро, габбро-норитами, габбро-амфиболитами, микрогаббро-норитами, габбро-диабазами и диабазами. Габброиды коматичны с гипербазитами и по характеризующим их особенностям относятся к нормальным изверженным породам. Ассоциации минералов, составляющие габброиды, аналогичны соответственно минеральным ассоциациям основных пород континентов. Преобладают среди базитов Романша габбро и габбро-нориты.

Детально изучались моноклинные пироксен из нормального габбро, плагиоклаз, ромбический и моноклинный пироксены из габбро-норита; частично исследован также амфибол из этих же горных пород.

Взаимоотношения минералов в нормальном габбро и габбро-норите апагогичны. Ромбический, моноклинный пироксен и плагиоклаз здесь ассоциируют с обыкновенной роговой обманкой, уралитом, ильменитом, титаномагнетитом, гематитом, пиритом, хлоритом, идингситом, кальцитом, сфеном, лейкоксеном, цирконом и апатитом. Моноклинный пироксен развивается по ромбическому, замещаясь в свою очередь хлоритом (пеннином или делесситом), иногда идингситом, но чаще оба пироксена вытесняются зеленым амфиболом. Иногда пироксен претерпевает уралитизацию и, как правило, зерна его резорбированы полевошпатовой массой. К участкам, сложенным плагиоклазом, приурочены акцессорные минералы. Кальцит — по трещинам. Взаимоотношения рудных минералов описаны ранее (³).

Ромбический пироксен обычно редко имеет правильные очертания. В протоколках зерна его имеют удлиненную форму, стеклянный блеск и желтовато-бурый цвет. В шлифе пироксен плеохроирует (по N_g — светло-зеленый, N_m — светло-желтый, N_p — светло-бурый, схема абсорбции $N_g > N_m \geq N_p$). Он имеет слабую дисперсию угла оптических осей $r > v$. Слабость по третьей призме (110) с углом наклона между трещинами 87–88°. Ромбический пироксен нередко имеет пластинчатую структуру, обусловленную наличием субмикроскопических вростков моноклинного пироксена, что, вероятно, объясняет отклонения угла погасания между N_g и третьей кристаллографической осью изученного минерала (табл. 1).

По физическим свойствам и химическому составу ромбический пироксен Романша очень близок к гиперстену из гиперстен-оливинового андезита вулкана Хаконе в Японии (⁴), отличаясь от последнего лишь несколько пониженным содержанием щелочей и кальция. Порошкограммы

Таблица 1

Химический состав и физические свойства пироксенов, амфибола, плагиоклаза из габброидов Романша (вес.%)

Компоненты	1	2	3	4	5
SiO ₂	53,39	52,09	51,78	—	55,50
TiO ₂	0,40	0,57	0,51	—	0,07
Al ₂ O ₃	1,61	2,38	3,15	—	27,23
Fe ₂ O ₃	1,87	3,40	1,41	—	0,23
FeO	17,46	8,57	4,66	—	0,46
MnO	0,48	0,35	0,18	—	0,01
MgO	23,14	15,49	17,95	—	0,35
CaO	1,64	16,21	20,08	—	10,17
SrO	—	—	0,01	—	0,02
Na ₂ O	0,03	0,64	0,38	1,17	5,90
K ₂ O	0,03	0,04	He обн.	0,10	0,10
H ₂ O ⁻	He обн.	He обн.	» »	—	He обн.
H ₂ O ⁺	0,33	0,42	0,42	—	0,09
Сумма	100,38	100,16	100,75 *	—	100,13
<i>n_g</i>	1,706	1,718	1,710	1,683	1,566
<i>n_m</i>	1,702	1,698	1,687	1,677	1,561
<i>n_p</i>	1,693	1,688	1,680	1,668	1,556
<i>n_g - n_p</i>	0,013	0,030	0,030	1,015	0,010
<i>cN_g</i> , град.	0-12	35-43	35-43	15-25	(18-21)**
<i>2v</i> , град.	— (60-80)	+ (45-65)	+ (45-65)	-80	± (65-85)
Уд. вес	3,452	3,375	3,315	—	2,718
<i>f_m</i> , %	31,8	29,3	15,7	—	—

П р и м е ч а н и е. 1 — гиперстен, 2 — диопсид, габбро-норит, 3 — диопсид из нормального габбро, 4 — амфибол из габбро-норита, 5 — плагиоклаз из габбро-норита. Анализы выполнены в Центральной химической лаборатории ИГЕМ АН СССР (1, 2 — Л. С. Абрамовой, 3, 5 — Д. Н. Князевой, 4 — Е. Л. Бородиной; SrO определен Г. В. Каленчук). Удельный вес минералов определен микрометодом В. С. Амелиной (ИГЕМ АН СССР).

* Включая 0,18% Cr₂O₃ и 0,05% V₂O₅.

** *cN_p*.

изученного пироксена — типичная для этой группы минералов. Путем сопоставительного индицирования *ASTM*-порошкограммы рассчитаны значения элементарной ячейки ромбического пироксена (табл. 2, № 1), что позволяет считать минерал гиперстеном с низким содержанием Са и Al и значительным замещением Mg на Fe (Mg > Fe примерно на 30 ат. % (⁸)).

Моноклинный пироксен. В габбро-норите ромбический пироксен замещается моноклинным вплоть до появления псевдоморфоз по гиперстену. Цвет моноклинного пироксена серый, светло-серый, иногда с буроватым оттенком, в шлифе он бесцветен. Моноклинный пироксен из габбро-норита более железистый, чем моноклинный пироксен из нормального габбро. В этом отношении первый наиболее близок к салиту из тонкозернистого габбро Делавэра (⁴), а второй — к салиту из габбро Денежкина Камня Урала (³). По остальным компонентам оба пироксена наиболее близки к агвиту из толента Стирлингшира (⁴).

Рентгеноструктурный анализ двух образцов моноклинных пироксенов Романша показал их структурную аналогию. Параметры элементарной ячейки на примере пироксена из габбро даны в табл. 2 (№ 5). Они оказались близкими параметрам чистого диопсида. Уменьшение *a* и *b* у исследуемого природного образца в сравнении с синтетическим (см. табл. 2) обусловлено частичным замещением Са на Mg (⁴), а некоторое увеличение *β* — замещением Si в тетраэдрах на Al.

Плагиоклаз составляет лейкократовые участки габброидов Романша, образуя агрегаты зерен, изредка по трещинам замещенных пренином. Форма зерен плагиоклаза таблитчато-призматическая, блеск стеклянный,

Таблица 2

Параметры элементарной ячейки и кристаллохимические формулы пироксенов, амфиболов и плагиоклазов

№ обр.	a, Å	b, Å	c, Å	β, град.	Кристаллохимическая формула
1	$8,86 \pm 0,01$	$18,31 \pm 0,01$	$5,24 \pm 0,01$	—	$(\text{Ca}_{0,07}\text{Mn}_{0,01}\text{Mg}_{0,92})_{1,0}(\text{Mg}_{0,35}\text{Fe}_{0,54}^{2+}\text{Fe}_{0,05}^{3+}\text{Ti}_{0,01}\text{Al}_{0,04})_{1,0}(\text{Si}_{1,87}\text{Al}_{0,03})_{2,0}\text{O}_6$
2	—	—	—	—	$(\text{Na}_{0,03}\text{Ca}_{0,10}\text{Mn}_{0,01}\text{Mg}_{0,86})_{1,0}(\text{Mg}_{0,45}\text{Fe}_{0,53}^{2+}\text{Fe}_{0,01}^{3+}\text{Ti}_{0,01})_{1,0}(\text{Si}_{1,96}\text{Al}_{0,02}\text{Fe}_{0,02})_{2,0}\text{O}_6$
3	$9,729 \pm 0,006$	$8,903 \pm 0,006$	$5,237 \pm 0,005$	$106^\circ 06' \pm 0^\circ 16'$	$(\text{Na}_{0,05}\text{Ca}_{0,65}\text{Mn}_{0,01}\text{Mg}_{0,29})_{1,0}(\text{Mg}_{0,58}\text{Fe}_{0,27}^{2+}\text{Fe}_{0,09}^{3+}\text{Ti}_{0,01}\text{Al}_{0,05})_{1,0}(\text{Si}_{1,95}\text{Al}_{0,05})_{2,0}\text{O}_6$
4	—	—	—	—	$(\text{Na}_{0,04}\text{Ca}_{0,87}\text{Mn}_{0,01}\text{Mg}_{0,08})_{1,0}(\text{Mg}_{0,68}\text{Fe}_{0,22}^{2+}\text{Fe}_{0,05}^{3+}\text{Ti}_{0,01}\text{Al}_{0,04})_{1,0}(\text{Si}_{1,93}\text{Al}_{0,07})_{2,0}\text{O}_6$
5 *	$9,729 \pm 0,006$	$8,903 \pm 0,006$	$5,237 \pm 0,005$	$106^\circ 05' \pm 0^\circ 16'$	$(\text{Na}_{0,03}\text{Ca}_{0,79}\text{Mn}_{0,01}\text{Mg}_{0,17})_{1,0}(\text{Mg}_{0,80}\text{Fe}_{0,14}^{2+}\text{Fe}_{0,04}^{3+}\text{Ti}_{0,01}\text{Al}_{0,01})_{1,0}(\text{Si}_{1,93}\text{Al}_{0,12})_{2,0}\text{O}_6$
6	—	—	—	—	$(\text{Na}_{0,03}\text{Ca}_{0,80}\text{Mn}_{0,01}\text{Mg}_{0,16})_{1,0}(\text{Mg}_{0,69}\text{Fe}_{0,21}^{2+}\text{Fe}_{0,08}^{3+}\text{Ti}_{0,01}\text{Al}_{0,01})_{1,0}(\text{Si}_{1,83}\text{Al}_{0,17})_{2,0}\text{O}_6$
7	—	—	—	—	$(\text{Na}_{0,01}\text{K}_{0,01}\text{Ca}_{0,69}\text{Mn}_{0,01}\text{Mg}_{0,28})_{1,0}(\text{Mg}_{0,59}\text{Fe}_{0,35}^{2+}\text{Fe}_{0,01}^{3+}\text{Ti}_{0,03}\text{Al}_{0,03})_{1,0}(\text{Si}_{1,90}\text{Al}_{0,10})_{2,0}\text{O}_6$
8 *	9,90	18,08	5,28	$74^\circ 55' \pm 0^\circ 10'$	—
9	9,82	18,16	5,26	$75^\circ 29'$	$(\text{Na}_{0,57}\text{K}_{0,11}\text{Ca}_{1,72}\text{Mn}_{0,02}\text{Mg}_{0,08})_{2,49}(\text{Mg}_{2,77}\text{Fe}_{1,64}^{2+}\text{Fe}_{0,30}^{3+}\text{Ti}_{0,08}\text{Al}_{0,21})_{5,0}(\text{Si}_{7,07}\text{Al}_{0,73})_{8,0}\text{O}_{22} \times$ $\times [(\text{OH})_{1,84}\text{O}_{0,06}]_{2,0}$
10	—	—	—	—	50% Na[AlSi ₃ O ₈]—50% Ca[Al ₂ Si ₂ O ₈]
11	—	—	—	—	48% Na[AlSi ₃ O ₈]—52% Ca[Al ₂ Si ₂ O ₈]

Примечание. № 1—гиперстен, № 3—диопсид, № 8—амфибол, № 10—плагиоклаз (габбро-норит), № 5—диопсид (габбро), №№ 2, 4, 7, 11—(4), № 6—(3), № 9—(7).

* Для синтетического диопсида ($\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$) параметры элементарной ячейки следующие: $a = 9,745$, $b = 8,925$, $c = 5,250$, $\beta = 105^\circ 57'$; для природного диопсида: $a = 9,73$; $b = 8,91$, $c = 5,25$, $\beta = 105^\circ 50'$; для феррогастингсита: $a = 9,9$, $b = 18,0$, $c = 5,3$, $\beta = 105^\circ 30'$ (9).

цвет белый. Спайность совершенная по (001) и (010). В шлифе бесцветный, сдвойникован в простые или полисинтетические двойники по карлсбадскому, альбитовому, реже — манебахскому и альбит-карлсбадскому двойниковым законам. Многочисленные замеры на федоровском столике дают основание отнести его к лабрадору № 50, что подтверждается химическим составом минерала, оказавшегося наиболее близким к составу лабрадора Хаук-Бея, Лабрадор (⁴). Рентгенографическая диагностика плагиоклаза проведена по его дифрактограмме, записанной на установке УРС-50 и (Fe K_{α} -излучение). Значения межплоскостных расстояний диагностического участка дифрактограммы, характерные для плагиоклаза с анортитовой составляющей 50—60%, подтверждают данные химического анализа минерала и результаты замеров на федоровском столике. Обращает на себя внимание совершенство кристаллической структуры изученного плагиоклаза, который дает острые рефлексы рентгенограммы.

А м ф и б о л замещает пироксеп, образуя псевдоморфозы по этому минералу, иногда выполняет трещины в лейкократовых участках габброидов. Амфибол из габбро-порита представлен зеленой разновидностью обыкновенной роговой обманки с низким содержанием щелочей (см. табл. 1). Форма зерен его удлиненная, блеск стеклянный, цвет темно-зеленый. В шлифе амфибол резко плеохроирует (по N_g — зеленый, N_m — светло-зеленый, N_p — желтый, схема абсорбции $N_g > N_m > N_p$). Он имеет слабую дисперсию угла оптических осей $r > v$. Спайность совершенная по призме (110) с углом между трещинами 124°.

По рентгенографическим данным изученный амфибол является аналогом гастингита. Расчет параметров элементарной ячейки амфибола показал наибольшую близость его к амфиболу ряда паргасит — гастингит из габбро-амфиболитов Кавказа (⁷) и к ферригастингиту.

Как и на континентах, генезис минералов в габброидах впадины Романш связан с общим ходом кристаллизации основной магмы. Наиболее ранним минералом является гиперстен, впоследствии замещающийся диопсидом (вплоть до полного вытеснения первого последним); в заключительные этапы кристаллизации магмы образовался плагиоклаз. Появление амфибола в габброидах связано с интенсивными постмагматическими процессами, синхронными динамометаморфизму и обусловленными большой насыщенностью материнской магмы флюидами. Увеличение содержания Al_2O_3 , CaO , Na_2O и уменьшение MgO и $Fe_2O_3 + FeO$ в ряду ромбический — моноклинный пироксеп — плагиоклаз характеризуют общий ход эволюции магматического расплава.

Таким образом, детальное минералогическое изучение базитов Романша подтверждает выводы из петрологических и петрохимических исследований, а именно, что магматические, постмагматические и метаморфические процессы в океанах протекают аналогично соответствующим процессам на материках.

Всесоюзный институт минерального сырья
Институт геологии рудных месторождений,
петрографии, минералогии и геохимии
Академии наук СССР

Поступило
6 X 1971

Институт океанологии
Академии наук СССР
Москва

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Ю. А. Богданов, В. В. Плошко, ДАН, 177, № 4 (1967). ² Ю. А. Богданов, В. В. Плошко, ДАН, 201, № 6 (1971). ³ О. А. Воробьева, Н. В. Самойлова, Е. В. Свешникова, Тр. Инст. геол. рудн. месторожд., петрогр., минерал. и геохим. АН СССР, в. 65 (1962). ⁴ У. А. Дир, Р. А. Хауи, Дж. Зусман, Породообразующие минералы, 2, 4, М., 1965. ⁵ В. В. Плошко, Ю. А. Богданов, Д. Н. Князева, ДАН, 192, № 3 (1970). ⁶ В. В. Плошко, Ю. А. Богданов, Д. Н. Князева, Океанология, 11, № 3 (1971). ⁷ В. В. Плошко, Г. А. Сидоренко и др., Сборн. Минералы базитов в связи с вопросами петрогенезиса, «Наука», 1970. ⁸ П. Купо, Am. Mineral., 39, № 1/2 (1954). ⁹ W. G. Melson, G. Thompson, Science, 168, № 3932 (1970).