

УДК 551.217.1(571.645)

## ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И МИНЕРАЛОГИЯ БАЗАЛЬТОВ ВУЛКАНА МЕНЬШИЙ БРАТ (о. ИТУРУП, КУРИЛЬСКИЕ ОСТРОВА)

© 2009 М.В. Чибисова<sup>1</sup>, А.В. Рыбин<sup>1</sup>, Ю.А. Мартынов<sup>2</sup>, В.М. Округин<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск, 693022;  
e-mail: chibisova@imgg.ru

<sup>2</sup>Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Владивосток, 690022;

<sup>3</sup>Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006

Приведены данные по петрографии, химическому и минеральному составу магнезиальных базальтов (содержание MgO до 9 мас%) вулкана Меньший Брат (кальдера Медвежья, о. Итуруп, Курильская островная дуга). Находки магнезиальных базальтов и андезибазальтов во фронтальной и осевой зонах Курильской островной дуги единичны. Детально изучен химический состав породообразующих и акцессорных минералов (оливин, плагиоклаз, орто- и клинопироксены, хромистая шпинель). Высокая магнезиальность, особенности состава минералов-вкрапленников, ассоциация оливина ( $Fo_{89-92}$ ) с хромистой шпинелью ( $K_{mg=50}$ ) позволяют сделать вывод о примитивной природе исходных расплавов.

*Ключевые слова:* магнезиальные базальты, минералогия, хромшпинель, Меньший Брат, Курильские острова.

### ВВЕДЕНИЕ

Большинство вулканических пород Большой Курильской дуги принадлежат к известково-щелочной серии, характеризующейся значительными вариациями содержаний  $SiO_2$  от 48 до 72 мас. %,  $K_2O$  от 0.1 до 3 мас. % при умеренном содержании MgO (не свыше 5 мас. %). Породы этой серии обнаруживают закономерное распространение в структуре дуги – в ее фронтальной части преобладают низкокалиевые разновидности, в тыловой – высококалиевые. В осевой зоне распространены породы с промежуточным химическим составом (Авдейко и др., 1992; Волюнец и др., 1990; Горшков, 1967; Пискунов, 1975, 1987; Федорченко и др., 1985). Магнезиальные базальты более характерны для вулканических тыловой зоны (например, вулкан Алаид до 12.5 мас. % MgO, оливин  $Fo_{77-87}$ ), в них наблюдаются включения хромшпинели во вкрапленниках оливина (Фролова и др., 1985). Находки магнезиальных базальтов и андезибазальтов во фронтальной и осевой зонах дуги достаточно редки: отдельные лавовые потоки известны на вулканах Эбеко и Ветровой (о. Парамушир) содержащие 6–8 мас. % MgO с оливином  $Fo_{78}$

(влк. Ветровой), но включений в оливинах хромшпинели не отмечается (Авдейко и др., 1992).

На фоне этой закономерности магнезиальные базальты вулкана Меньший Брат, расположенного во фронтальной зоне Курильской островной дуги, представляют исключительное явление, и их петрология изучена недостаточно. В данной работе приводятся данные по химическому составу и минералогическим особенностям магнезиальных базальтов вулкана Меньший Брат. В основу работы положены аналитические данные, полученные за период работ в 1994–1999 гг., а также доступные литературные материалы.

Долгое время в научных публикациях фигурировало название Меньшой Брат, ранее авторы статьи так же употребляли это название. При подготовке статьи было обращено внимание, что на государственной топографической карте М 1:50 000, L-55-94-Г (Государственная ..., 1982) и государственной геологической карте М 1:200 000 L-55-XXIII, XXIX (Ковтунович и др., 2002) приводится название этого вулкана как Меньший Брат. Нам кажется, что следует возвратиться к официальному названию этого вулкана.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ  
ВУЛКАНА МЕНЬШИЙ БРАТ

Вулкан Меньший Брат локализован в кальдере Медвежья, которая находится в северо-восточной части о. Итуруп. Кальдера представляет собой четвертичную полигенную вулканическую структуру, включающую ряд активных современных вулканов. В истории развития кальдеры выделяются три стадии: докальдерная, связанная с образованием крупного щитового вулкана; кальдерная, с внедрением риолит-дацитовых экструзий; посткальдерная, с образованием внутрикальдерных стратовулканов Медвежий, Средний, Кудрявый и Меньший Брат (Остапенко, 1969; Пискунов и др., 1999). Формирование кальдеры относится к среднему плейстоцену, развитие посткальдерных вулканов – к позднему плейстоцену и голоцену (Ермаков, Семакин, 1996; Ермаков, Штейнберг 1999). Состав пород, слагающих кальдеру варьирует от базальтов до риолитов при преобладании андезибазальтов и андезитов. Породы относятся к известково-щелочной серии.

Вулкан Меньший Брат приурочен к субширотному разлому, с которым связаны практически все проявления вулканической активности посткальдерной стадии развития вулканотектонической структуры кальдеры Медвежья. Вулкан отличается оригинальным геологическим строением. Главный структурный элемент – субвулканическое тело риодацитов высотой 562 м (рис. 1). В него врезаны три кратера (1-3), из которых происходили излияния лавовых пото-

ков и выбросы шлаков базальтов и андезибазальтов, образовавших значительные по площади поля, без увеличения высоты вулкана (Горшков, 1967; Остапенко, 1969).

Лавы, излившиеся из северо-западного кратера (1) и перекрывшие шлаковое поле, были довольно вязкими и веерообразно заполнили понижение между экструзией Меньший Брат и вулкана Старого. По составу отвечают оливин-содержащим двупироксеновым базальтам. Структуры потоков в верхней части сливная, в нижней – глыбовая. В начале извержения в восточном склоне экструзии образовалась воронка взрыва, по которой лавы поступали на поверхность. В ней они, отчасти, остывали, но передвигались вперед под напором новых порций расплава. Всего насчитывается около 10 импульсов излияния лав. Юго-западное лавовое поле, излившееся из кратера (2) заполняет южную часть атрио кальдеры до оз. Славного. Максимальная длина слагающих его потоков около 3 км. Предварительно установлено, что ранние порции расплава представлены глиноземистыми андезибазальтами, а позднее магнезиальными базальтами. Кратер (3) образовался при пирокластическом извержении. Породы представлены шлаками основного и средне основного состава, которые плащеобразно перекрывает склоны экструзии и образует шлаковые поля северо-восточнее Вулкана Меньший Брат.

К северо-восточному подножью вулкана приурочены малодобитные выходы термальных вод максимальной температурой на выходе 36.6 С°.

При изучении петрографических и мине-

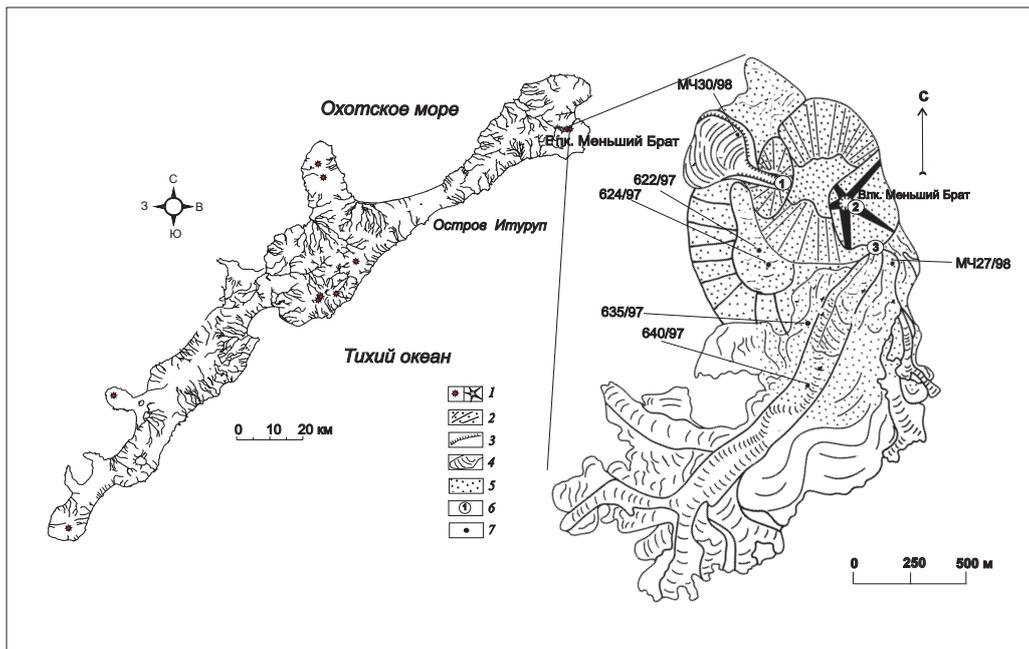


Рис. 1. Схема строения вулкана Меньший Брат. По (Остапенко, 1969) с дополнениями. Условные обозначения: 1 – активные вулканы; 2 – риодацитовая экструзия, присыпанная шлаком; 3 – бровки крутых склонов; 4 – лавовые потоки; 5 – шлаки; 6 – кратеры влк. Меньший Брат и их номера; 7 – место отбора проб.

ралогических особенностей лав кальдеры Медвежья особое внимание было уделено юго-западному и западному лавовым полям вулкана Меньший Брат, где магнезиальные базальты перекрывают более ранние лавы высокоглиноземистых базальтов.

### МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучение химического состава и распределения петрогенных оксидов было выполнено методами классической аналитической химии (полный силикатный анализ «мокрая химия») в лабораториях Института геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН и Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН.

Исследование химического состава породообразующих и аксессуарных минералов проводилось с помощью автоматизированной аналитической системы «Самбах» с четырьмя волновыми и одним энергодисперсионным спектрометрами в Институте вулканологии и сейсмологии ДВО РАН. Эта система позволяет вести изучение широкого спектра как породообразующих так и аксессуарных (включая рудные) минералов (Округин и др., 2003).

### ПЕТРОГРАФИЯ И МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ МАГНЕЗИАЛЬНЫХ БАЗАЛЬТОВ

Высокие содержания оксида магния – отличительная особенность базальтов вулкана Меньший Брат (табл. 1). Структура пород порфировая, серийнопорфировая; структура основной массы – интерсертальная. Количество вкрапленников достигает 10–15%. Вкрапленники представлены, главным образом, оливином и плагиоклазом,

которые содержатся примерно в равных пропорциях. В меньших количествах присутствуют (по мере убывания) клинопироксен, ортопироксен и магнетит.

Основная масса сложена темным стекловатым базисом с микролитами плагиоклаза, клинопироксена, пижонита и титаномагнетита. Соотношение стекла и микролитов примерно равное, но в некоторых случаях количество микролитов достигает 60%.

Оливин – наиболее распространенный феррический минерал базальтов. Он встречается как в виде фенокристаллов, так и микролитов. Вкрапленники оливина, как правило, идиоморфные кристаллы с характерными очертаниями в виде шестиугольников и скошенных ромбов. Размеры зерен варьируют от 0.2 до 0.8 мм. Для вкрапленников характерно зональное строение:  $Fo_{80-89}$  – центр и  $Fo_{70-80}$  – край (рис. 2, табл.2). В реакционных каймах краевых частей фенокристаллов оливина часто присутствует пижонит  $Wo_{6-12}$ . В оливине установлены относительно высокие концентрации оксида кальция ( $CaO = 0.11-0.25$  мас. %) и умеренная обогащенность никелем ( $NiO = 0.26-0$  мас. %). С ростом магнезиальности оливинов прямо коррелируют концентрации NiO и обратно – CaO (рис. 3). Микролиты

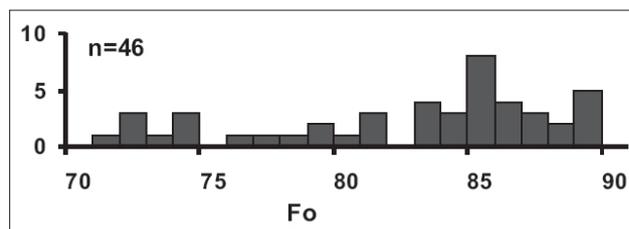


Рис. 2. Гистограмма магнезиальности оливина вулкана Меньший Брат.

Таблица 1. Представительные химические анализы пород кальдеры Медвежьей (в мас. %.)

№ проб	МЧ27/98	Р640/97	МЧ30/98	Р624/97	Р622/97	635/97	667/97	760/97	369/95	370/95
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO <sub>2</sub>	52.7	53.45	50.6	52.2	51.6	56.51	49.82	49.71	55.83	74.55
TiO <sub>2</sub>	0.79	0.76	0.75	0.76	0.68	0.82	0.65	0.83	0.78	0.43
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.39	16.17	15.7	15.83	15.65	16.74	21.14	18.39	16.57	12.12
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.41	2.51	2.56	2.69	3.01	1.91	2.08	3.7	2.93	1.06
FeO	6.94	6.75	6.91	6.75	6.39	6.77	7.33	7.33	6.74	2.51
MnO	0.2	0.18	0.19	0.18	0.18	0.18	0.18	0.2	0.19	0.09
MgO	7.32	7.19	8.91	8.11	9.13	4.55	4	6.06	4.43	0.58
CaO	9.97	9.63	9.81	10.03	9.95	9.25	11.5	10.79	9.1	2.43
Na <sub>2</sub> O	2.16	2.36	1.84	2.23	2.09	2.57	2.05	2.13	2.5	3.87
K <sub>2</sub> O	0.78	0.51	0.78	0.55	0.41	0.6	0.2	0.21	0.57	1.57
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.08	0.09	0.09	0.19	0.08	0.09	0.04	0.07	0.08	0.05
п.п.п.	0.73	0.3	2.17	0.36	0.15	0.15	0.25	0.15	0.3	0.51
H <sub>2</sub> O-			0.09							
Сумма	100.47	99.89	100.4	99.88	99.31	99.99	99.24	99.56	100.01	99.78
Kmg	61.32	61.38	65.79	63.96	67.24	50.93	45.76	54	48.89	25.13

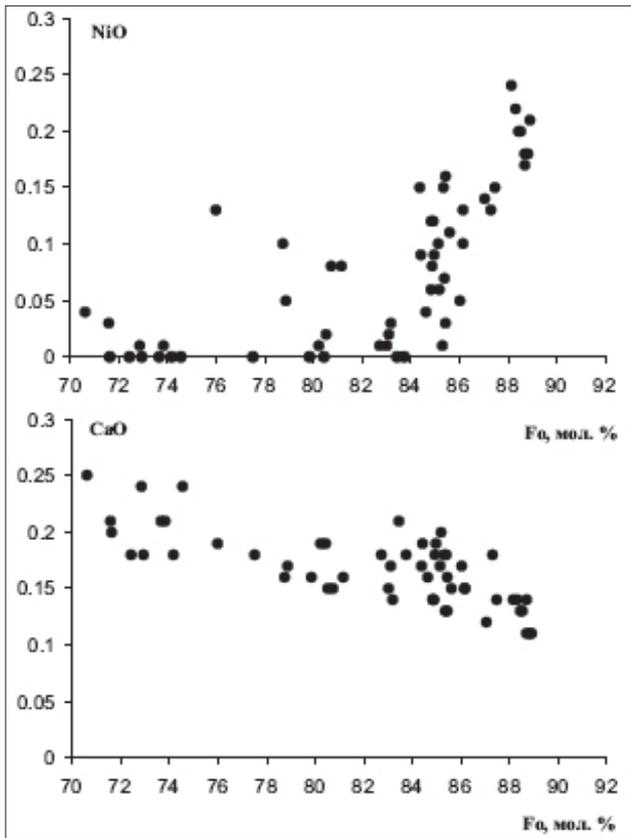


Рис. 3. Состав вкрапленников оливина вулкана Меньший Брат. Содержание оксидов в мас. %.

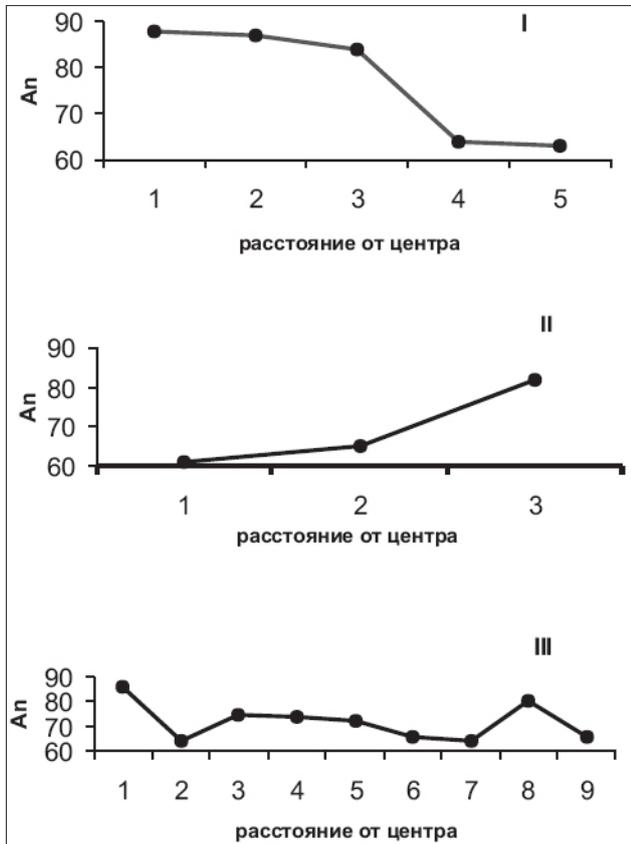


Рис. 4. Типы зональностей плагиоклаза: I- прямая; II- обратная; III- осциллярная.

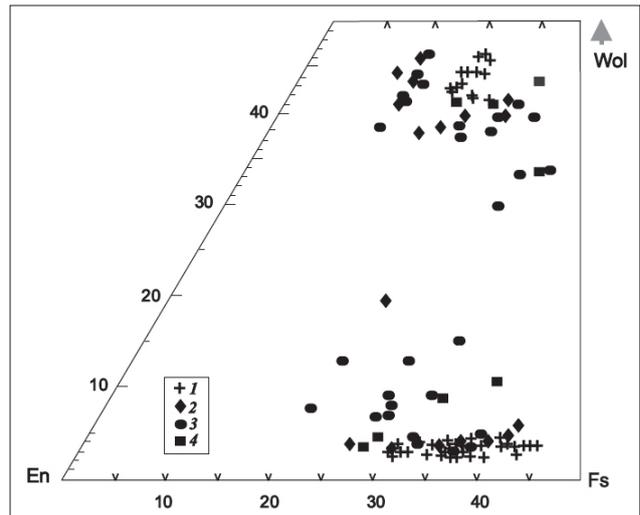


Рис. 5. Составы пироксенов кальдеры Медвежьей. 1 – кислые породы (андезит, дацит, риодацит); 2 – андезибазальт; 3 – магнезиальный базальт влк. Меньший Брат; 4 – базальт.

оливинов из основной массы по химическому составу близки к краевым частям порфировых вкрапленников. Включения в оливинах представлены хромистой шпинелью (хромпикотит).

Плагиоклаз – второй по своему распространению из породообразующих минералов. Зачастую он не уступает в своем развитии оливину. Он встречается как в виде вкрапленников, так и микролитов. Вкрапленники плагиоклаза имеют размеры от 0.2 до 1.8 мм. Центральные части по составу отвечают анортиту-битовниту ( $An_{92-78}$ ), краевые зоны – лабрадору ( $An_{61-64}$ ). Характерны три типа зональности: прямая (I тип), обратная (II тип) и осциллярная (III тип) (рис. 4). Микролиты плагиоклаза в основной массе близки по составу к центральным частям порфировых вкрапленников ( $An_{92-78}$ ).

Клинопироксен представлен авгитом (рис. 5), размер которых достигает 0.8 мм. Вкрапленники слабозональные, иногда с обратной зональностью. Диапазон магнезиальности довольно широк ( $Kmg_{69-88}$ ) с ростом энстатитового минала к краю зерен. С уменьшением магнезиальности наблюдается уменьшение содержания  $CaO$ ,  $Cr_2O_3$ , слабое увеличение  $TiO_2$ ,  $Al_2O_3$  и наиболее значительное  $Na_2O$ . В виде включений в клинопироксене присутствуют титаномагнетит ( $TiO_2$  8-11%) с пониженным содержанием хрома < 1%. В краевых частях встречаются включения плагиоклаза ( $An_{62}$ ). В редких случаях клинопироксен ( $Wo_{44} En_{44} Fs_{12}$ ) встречается в виде оторочки у ортопироксена ( $Wo_4 En_{58} Fs_{38}$ ).

Ортопироксен – резко уступает в своей значимости охарактеризованным выше темноцветным минералам. Размеры вкрапленников до 0.6 мм. Кристаллы слабозональные, с обратной зональностью. Магнезиальность увеличивается

от центра ( $K_{mg_{58-60}}$ ) к краю ( $K_{mg_{69-71}}$ ) кристаллов. Пижонит с содержанием  $W_{o_{7-14}}$ , присутствует в основной массе и в виде оторочки вокруг кристаллов оливина (табл. 4). В ортопироксене наблюдаются включения титаномагнетита с содержанием оксида титана до 10%.

Хромпикотит (хромистая шпинель) – характерный минерал твердых включений в оливине. Форма зерен овальная и октаэдрическая при размерах 0.010–0.050 мм. Отличается зональным по своему химическому составу строением: высокохромистое ядро и обогащенная железом оторочка (табл. 3). Содержание оксида хрома в хромпикотитах достигает до 48 мас. %,  $TiO_2$  – 0.3–1.43 мас.

%; хромистость ( $Cr^{\#}$ ) варьирует в пределах 0.4–0.6, магнезиальность ( $Mg^{\#}$ ) – 0.45–0.66. При снижении  $Mg^{\#}$  значение хромистости практически не меняется (рис. 6).

Магнетит встречается в виде вкрапленников ( $TiO_2$  – 10–12 мас. %), включений в ортопироксене и клинопироксене, сростков и микролитов в основной массе.

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Магнезиальные лавы вулкана Меньший Брат по петрохимическим характеристикам отвечают низкокалиевым толеитовым базальтам

**Таблица 2.** Представительные химические анализы оливина магнезиальных базальтов вулкана Меньший Брат (по данным рентгеноспектрального микроанализа, в мас. %).

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	Ц	Ц	К	Ц	Ц	Ц	К	К	Ц	К	Ц	К	Ц	Ц	Ц
SiO <sub>2</sub>	39.65	39.67	38.95	40.62	41.15	41.2	38.21	37.57	39.5	37.61	38.98	37.95	39.27	39.11	39.08
TiO <sub>2</sub>	0.06	0.04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FeO	10.76	10.24	20.33	13.7	10.76	11.16	25	24.43	14.79	25.87	15.74	24.12	13.71	14.24	14.52
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.01	0.06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MgO	47.86	47.4	40.69	44.66	47.35	47.35	36.79	38.62	44.91	36.6	43.74	37.81	45.66	45	44.88
CaO	0.11	0.09	0.09	0.13	0.11	0.14	0.18	0.21	0.19	0.2	0.14	0.21	0.15	0.18	0.16
MnO	0.16	0.19	0.16	0.05	0.03	0.07	0.25	0.14	0.01	0.22	0.03	0.19	0.05	0.04	0.03
NiO	0.18	0.31	-	0.15	0.17	0.22	-	0.01	0.09	-	0.03	-	0.11	0.12	0.04
Сумма	98.78	98	100.29	99.35	99.62	100.25	100.48	101	99.55	100.52	98.71	100.49	98.94	98.7	98.75
Fo	89	89	78	85	89	88	72	74	84	72	83	74	86	85	85
K <sub>mg</sub>	88.65	89.0	77.96	85.26	85.66	88.25	72.19	73.69	84.39	71.42	83.17	73.48	83.53	84.88	84.6

**Таблица 3.** Представительные химические анализы хромистой шпинели (по данным рентгеноспектрального микроанализа, в мас. %).

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	К	К	Ц	К	К	К	К	Ц	Ц	Ц	Ц
TiO <sub>2</sub>	0.61	1.03	0.3	0.94	0.42	0.42	0.57	0.47	0.45	0.43	0.45
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22.4	20.03	15.78	22.39	25.39	21.19	20.32	21.17	21.83	22.24	21.24
FeO	16.67	18.51	17.33	21.12	19.06	22.03	17.34	15.84	13.91	14.67	15.03
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.55	16.44	8.97	17.53	13.13	12.87	15.59	11.21	9.70	8.74	10.38
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	35.22	33.65	46.81	28.92	31.96	35.09	35.06	39.1	40.93	41.19	40.27
MgO	12.72	11.47	11.28	9.88	11.42	8.83	11.75	12.81	14.26	13.8	13.43
MnO	0.26	0.33	0.32	0.25	0.26	0.31	0.65	0.55	0.53	0.54	0.46
NiO	0.02	0	0	0.02	0	0	0	0.08	0.06	0.05	0.06
ZnO	0.01	0	0	0.02	0	0	0	0	0	0	0
Сумма	101.46	101.46	100.16	101.08	101.64	100.74	101.28	101.23	101.66	101.67	101.32
Fo	78–85	89	89	81–72	84–71	81–74	85–70	89–80	89	89	89
K <sub>cr</sub>	43.22	42.52	59.48	36.63	38.84	44.47	43.71	48.09	49.5	49.84	49.24

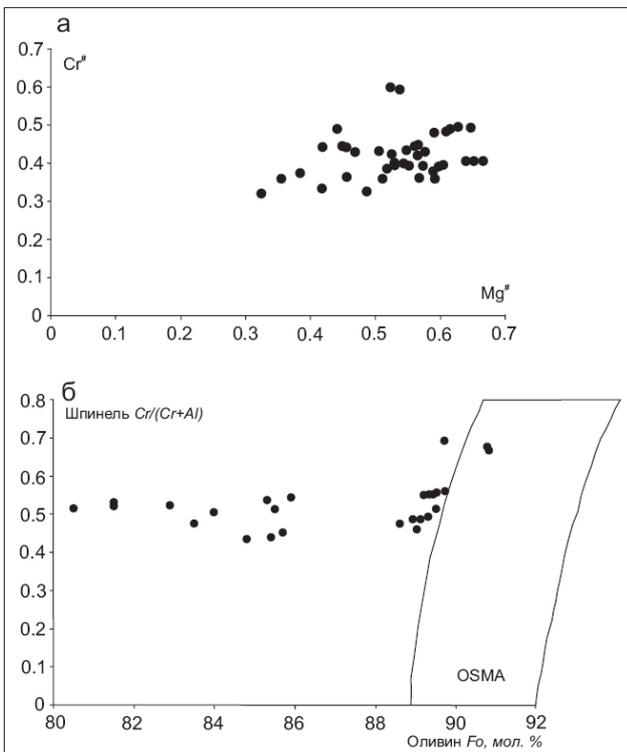
Примечание:  $K_{cr} = 100Cr/(Cr+Al+Fe^{3+})$ , ат.%. Ц – центр, К – край. Анализы выполнены на рентгеноспектральном микроанализаторе «Самебах» в ИВиС ДВО РАН. Аналитики: Т.М. Философова, В.М. Округин.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И МИНЕРАЛОГИЯ БАЗАЛЬТОВ

**Таблица 4.** Представительные химические анализы минералов группы пироксена (по данным рентгено-спектрального микроанализа, в мас. %)

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	К	Ц	Ц	Ц	К	М	М	М	М	Ц	К	КМ	КМ	Ц	К
SiO <sub>2</sub>	53.37	52.27	51.99	51.62	50.96	50.73	49.93	53.8	53.48	51.71	53.89	53.14	52.05	52.43	51.39
TiO <sub>2</sub>	0.23	0.41	0.49	0.39	0.45	0.76	0.83	0.2	0.24	0.24	0.26	0.24	0.35	0.22	0.33
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.16	1.47	1.71	1.56	3.42	2.68	2.79	0.91	1.55	0.68	1.2	0.85	1.06	0.78	0.85
FeO	7.39	13.97	13.75	13.02	7.24	17.41	16.78	18.2	17.28	23.58	17.38	17.14	17.81	24.04	23.84
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.27	-	-	-	0.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MgO	17.02	13.19	13.42	13.39	15.34	14.76	13.22	22.13	22.77	19.94	24.49	23.52	21.15	19.8	21.52
CaO	19.78	19.28	19.29	18.96	21.47	14.02	16.1	4.6	4.32	1.85	2.38	4.66	6.83	1.86	1.77
Na <sub>2</sub> O	0.03	0.29	0.25	0.27	0.38	0.29	0.42	0.03	0.05	0.01	-	0	0.04	-	-
K <sub>2</sub> O	0.05	0.08	0.04	0.04	0.05	0.07	0.07	0.05	0.06	0.06	0.05	0.01	0.02	-	0.02
MnO	0.06	0.3	0.32	0.27	0.01	0.25	0.27	0.29	0.29	0.46	0.3	0.26	0.22	0.59	0.81
Сумма	100.36	101.26	101.27	99.51	99.33	100.97	100.42	100.21	100.04	98.54	99.96	99.81	99.52	99.72	100.54
Wo	40.18	39.72	39.61	39.7	44.3	29.12	33.83	9.27	8.73	3.85	4.76	9.18	13.62	3.86	3.52
En	48.1	37.81	38.35	39.01	44.04	42.66	38.65	62.08	64.02	57.8	68.12	64.47	58.67	57.19	59.5
Fs	11.72	22.47	22.04	21.28	11.66	28.23	27.52	28.64	27.25	38.34	27.12	26.35	27.71	38.95	36.98
K <sub>mg</sub>	80.28	62.21	62.95	64.22	79.03	59.82	58.0	68.07	69.77	59.63	71.16	70.66	67.63	58.88	60.86

Примечание:  $K_{mg} = 100Mg/(Mg+Mn+Fe_{общ})$ , ат.%. Ц – центр, К – край, М – микролиты, КМ – кайма. №№ 1-7 – клинопироксен, 8, 9, 12, 13 – пижонит, 10, 11, 14, 15 – ортопироксен. Анализы выполнены на рентгеноспектральном микроанализаторе «Самбах» в ИВиС ДВО РАН. Аналитики: Т.М. Филоsofoва, В.М. Округин.

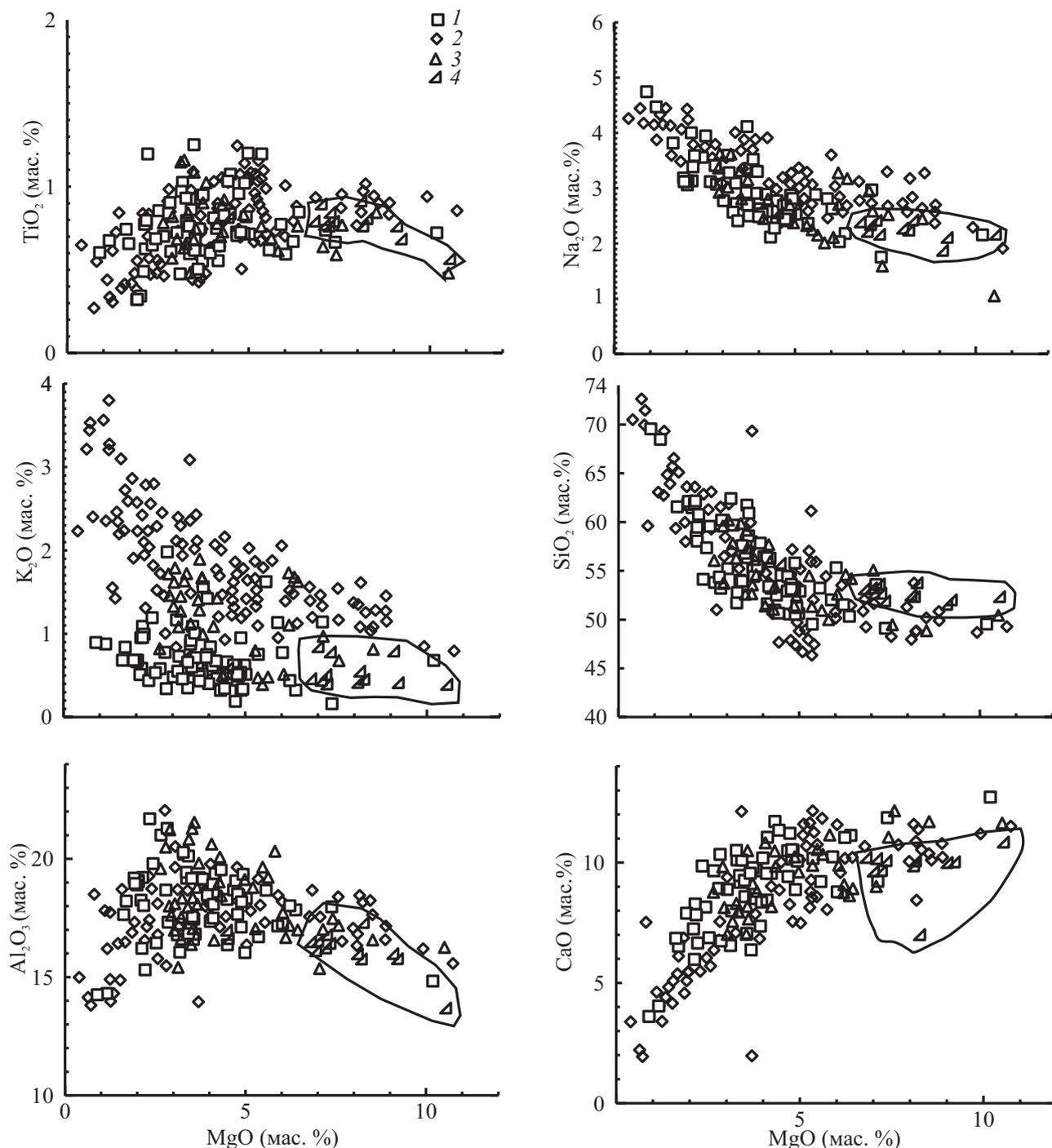


**Рис. 6.** а – Соотношение хромистости и магниальности (Mg#) шпинели.  $Cr\# = Cr/(Cr+Al+Fe^{+3})$ ,  $Mg\# = Mg/(Mg+Fe^{+2})$ . б – Состав хромистой шпинели вулкана Меньший Брат. OSMA – поле составов оливин-шпинелевого парагенезиса мантийных пород (Arai, 1994).

(SiO<sub>2</sub> = 50.6–52.7 мас. %, Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O = 2.5–2.94 мас. %, MgO = 7.19–9.13 мас. %). В геохимической систематике вулканических пород Курильской островной дуги их выделяет повышенное содержание окиси магния. Это наиболее магниальные лавы среди вулканических пород фронтальной зоны. Кроме повышенной магниальности, описываемые вулканы отличаются несколько более низкими концентрациями Na<sub>2</sub>O и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, при повышенных – CaO (рис. 7). Содержания других породообразующих окислов находятся в пределах вариаций составов типичных базальтов Курильских островов.

Магниальные базальты, как уже отмечалось выше довольно редкое явление. Кроме того, изученные нами породы существенно отличаются по своему химическому составу от ранее описанных магниальных базальтов вулканов Эбеко и Ветровой (о. Парамушир) повышенными содержаниями MgO (8–9 мас. %), SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>O при относительно низких концентрациях CaO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и, в меньшей мере K<sub>2</sub>O. При сравнении с вулканом Алайд (о. Атласова), который находится в тыловой зоне Курильской островной дуги, породы вулкана Меньший Брат имеют повышенное содержание SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, и низкое – Na<sub>2</sub>O, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>O (Абдурахманов и др., 1978; Фролова и др., 1985).

Наличие включений хромпикотита (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> до 48 мас. %) в оливинах (Fo<sub>89</sub>) – также отлича-



**Рис. 7.** Содержания петрогенных элементов в магнезиальных базальтах вулкана Меньший Брат (мас. %). 1 – фронтальная зона, 2 – тыловая зона, 3 – промежуточная зона, 4 – базальты влк. Меньший Брат. 1, 2, 3 – составы четвертичных вулканитов Курильских островов (Авдейко и др., 1992; Волюнец и др., 1990; Федорченко и др., 1985).

тельная особенность магнезиальных лав вулкана Меньший Брат. Наиболее ранними вкрапленниками в базальтах и андезитобазальтах являются оливины, состав которых (88-90% даже до 92% форстерита) близок к составу мантийного оливина (Коваленко и др., 2004). Это дает основание говорить о примитивной природе первичных магм. В то же время, низкая магнезиальность клинопироксена ( $K_{Mg} 80$ ), обратная зональность

клино- и ортопироксена (рост магнезиальности к краям кристаллов), наличие симплектитовой пироксеновой каймы у оливина, свидетельствует о широком распространении процессов смешения. Первичные высокомагнезиальные расплавы, поднимаясь из зон магмогенерации, очевидно накапливались в промежуточных камерах, смешиваясь с низкобарическими дифференциатами.

ВЫВОДЫ

1. Магнезиальные базальты вулкана Меньший Брат (до 9 мас. % MgO), расположенного во фронтальной зоне Курильской островной дуги, представляют довольно редкое явление для Курильских островов.

2. Необычной особенностью их минерального состава является ассоциация оливина ( $Fo_{89-92}$ ) с хромистой шпинелью ( $K_{mg \approx 50}$ ), дающая основание предполагать примитивную природу исходных магм.

3. Низкая магнезиальность клинопироксена по сравнению с равновесными, обратная зональность клино- и ортопироксена (рост магнезиальности к краям кристаллов), наличие симплектитовой пироксеновой каймы у оливина, свидетельствует о широком распространении процессов смешения первичных высокомагнезиальных расплавов с низкобарическими дифференциатами.

Авторы выражают признательность Б.Н. Пискунову (ИМГиГ ДВО РАН) и М.В. Портнягину (ГЕОХИ РАН) за ряд полезных замечаний по содержанию статьи.

Список литературы

*Абдурахманов А.И., Пискунов Б.Н., Смирнов И.Г., и др.* Вулкан Алайд (Курильские острова) // Восточно-Азиатские островные системы (тектоника и вулканизм). Южно-Сахалинск, 1978. С. 85-107.

*Авдейко Г.П., Антонов А.Ю., Вольнец О.Н., и др.* Подводный вулканизм и зональность Курильской островной дуги. М.: Наука, 1992. 528 с.

*Вольнец О.Н., Авдейко Г.П., Цветков А.А. и др.* Минеральная зональность четвертичных лав Курильской островной дуги // Вулканология и сейсмология, 1990. № 1. С. 29-44.

*Горшков Г.С.* Вулканизм Курильской островной дуги. М.: Наука, 1967. 288 с.

Государственная топографическая карта СССР. РСФСР Сахалинской области (Курильские острова, о. Итуруп) М 1:50 000, L-55-94-Г, издание 1982.

*Ермаков В.А., Семакин В.П.* Геология кальдеры Медвежья (о. Итуруп, Курильские острова) // ДАН. 1996. Т. 351. № 3. С. 361-365.

*Ермаков В.А., Штейнберг Г.С.* Вулкан Кудрявый и эволюция кальдеры Медвежья (о. Итуруп, Курильские острова) // Вулканология и сейсмология. 1999. № 3. С. 19-40.

*Коваленко В.И., Наумов В.Б., Толстых М.Л. и др.* Состав и источники магм кальдеры Медвежья (о. Итуруп, Южные Курилы) по данным изучения расплавных включений // Геохимия. 2004. № 5. С. 467-487.

*Ковтунович П.Ю., Сафронов А.Д., Удодов В.В. и др.* Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. 2-е изд. Серия Курильская. Листы L-55-XXII, XXXIII, XXXIV, (Курильск): L-55-XXIII, XXIX, (Рейдово), L-55-XXXIII (влк. Тятя), K-55-II, L-55-XXXII (Южно-Курильск). Объяснительная записка СПб.: Изд-во СПб. картфабрики ВСЕГЕИ, 2002. 269 с. +5 вкл. и 1 вкладка.

*Округин В.М., Шувалов Р.А. Чубаров и др.* О состоянии и перспективах физико-химических исследований в ИВ ДВО РАН // Современный вулканизм и связанные с ним процессы. Петропавловск-Камчатский: Институт вулканологии ДВО РАН, 2003. 103-106.

*Останенко В.Ф.* Геологическое строение кальдер Медвежьей и Заварицкого и связь с ними полезных ископаемых. Автореф. дисс. канд. геол.-мин. наук. Южно-Сахалинск, 1969. 19 с.

*Пискунов Б.Н.* Вулканизм большой Курильской гряды и петрология пород высокоглиноземистой серии. Новосибирск: Наука, 1975. 185 с.

*Пискунов Б.Н.* Геолого-петрологическая специфика вулканизма островных дуг. М.: Наука, 1987. 237 с.

*Пискунов Б.Н., Рыбин А.В., Сергеев К.Ф.* Петрогеохимическая характеристика кальдеры Медвежьей (о. Итуруп, Курильские острова) // ДАН. 1999. Т. 368. № 3. С. 380-384.

*Федорченко В.И., Абдурахманов А.И., Родионова Р.И.* Вулканизм Курильской островной дуги. М.: Наука, 1989. 239 с.

*Фролова Т.И., Бурикова И.А., Гуцин А.В. и др.* Происхождение вулканических серий островных дуг. М.: Недра, 1985. 275 с.

*Arai S.* Compositional variation of olivine-chromian spinel in Mg-rich magmas as a guide to their residual spinel peridotites // J. of Volcanology and Geothermal research. 1994. V. 59. P. 279-293.

ЧИБИСОВА и др.

## CHEMICAL COMPOSITION AND MINERALOGY OF BASALTS FROM MEN'SHII BRAT VOLCANO (ITURUP, THE KURIL ISLANDS)

M.V. Chibisova<sup>1</sup>, A.V. Rybin<sup>1</sup>, Yu.A. Martynov<sup>2</sup>, V.M. Okrugin<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Institute of Marine Geology and Geophysics FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, 693022; chibisova@imgg.ru*

<sup>2</sup> *Far Eastern Geological Institute FEB RAS, Vladivostok, 690022*

<sup>3</sup> *Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatskii, 683006*

The paper presents data on the petrography, chemical and mineral composition of magnesian basalts (MgO content may reach 9 mass %) of Men'shii Brat volcano (Medvezh'ya caldera, Iturup Island, The Kuril Island Arc). The content of magnesian basalts and andesitic basalts in the front and axial zones of the Kuril Island Arc is very low. The article provides detailed data on the chemical composition of the rock-forming and accessory minerals (olivine, plagioclase, orto- and clinopyroxene, chromous spinel). High magnesian content, a peculiar composition of minerals (insets), olivine (Fo<sub>89-92</sub>) and chromous spinel (K<sub>mg<50</sub>) associations allow concluding that the initial melts have a primitive nature.

*Keywords: magnesian basalts, petrography, mineralogy, chromous spinel, Men'shii Brat, the Kuril Islands.*