

УДК 549.642.25+552.11

МИНЕРАЛОГИЯ

А. П. КРИВЕНКО, Г. В. ПОЛЯКОВ, Ю. Г. ЛАВРЕНТЬЕВ

**ЗОНАЛЬНОСТЬ АВГИТОВ И НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ
ПЕТРОГЕНЕЗИСА СИЕНИТ-ГАББРОВОЙ ФОРМАЦИИ**

(Представлено академиком Ю. А. Кузнецовым 7 VI 1973)

Исследование зональных минералов из магматических пород позволяет выявить направленность изменения их состава в ходе кристаллизационной дифференциации и оценить роль этого процесса в формировании всей породной ассоциации. Нами изучен характер зональности авгитов из габброидов сиенит-габбровой формации Алтая-Саянской области. Для интрузивов этой формации характерна структурная сопряженность пород основного и щелочного состава (¹, ⁷), причем иногда между ними наблюдаются постепенные переходы (³). Ультраосновные породы, ассоциирующие с габброидами, разнотипны. Среди них наиболее распространены рудные габбро-перидотиты (Большой Таскыл), косвity (Кизир) и пластиоклаз-апатитовые клиноцирконоситы, часто оливинсодержащие, но всегда бедные титаномагнетитом и ильменитом (Патын, Осередок). Рудные габбро-перидотиты и косвity по особенностям структуры и составу породообразующих минералов близки к окружающим их габброидам. Пластиоклаз-апатитовые клиноцирконоситы отличаются некоторым своеобразием. Это обычно крупнозернистые или неравномернозернистые породы, часто содержащие сфеин, кальцит и другие не характерные для габбро минералы. Пироксены в них отличаются от типичных авгитов, распространенных в габброидах, что подробнее рассмотрено ниже.

Пластиоклаз-апатитовые клиноцирконоситы локализуются в краевой части интрузивов или образуют прослои и линзы среди габброидов (², ⁷). Интрузивы со значительным количеством таких ультраосновных пород обособляются в пироксенит-габбровый тип, являющийся составной частью рассматриваемой сиенит-габбровой формации (⁷).

На диаграмму (рис. 1) нанесены составы моноклинных пироксенов из разных пород сиенит-габбровой формации. В габброидах пироксены пред-

Таблица 1

Химический состав пироксенов из ультраосновных пород сиенит-габбровой формации

№ п.п.	№ обр.	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	П.п.п.	Σ
1	3290	45,00	2,50	8,78	4,64	3,19	0,13	12,31	20,80	0,79	0,09	0,22	1,24	99,69
2	3291	44,80	2,70	9,83	3,68	3,11	0,10	12,25	21,41	0,72	0,08	0,06	0,91	99,65
3	3311	44,68	2,70	10,68	3,09	3,81	0,13	11,70	21,41	0,72	0,06	—	0,74	99,72
4	6866	42,68	4,43	10,89	4,78	2,59	0,06	11,35	22,14	0,58	0,08	0,02	0,73	100,33
5	44—12	41,55	3,96	10,66	5,25	8,46	0,19	6,41	21,49	0,89	0,13	0,11	0,59	100,02
6	S-264	44,00	4,52	8,62	4,51	3,07	0,17	12,44	21,80	1,16	0,11	0,16	—	100,56
7	S-262	45,52	4,10	8,31	4,47	3,80	0,23	11,34	21,42	1,12	—	0,22	—	100,54
8	S-280	44,35	3,31	8,05	4,05	3,33	0,09	12,79	21,47	0,65	0,18	0,03	—	98,30

Примечание. Анализы №№ 1—5 выполнены в химической лаборатории института Е. Н. Жуковой (№№ 1—4) и Э. С. Гуледцкой (№ 5). №№ 1—4 — пироксены из ультраосновных пород массива Осередок: №№ 1, 4 — из оливинового пироксена с хромшипинеллом, №№ 2, 3 — из оливин-пластиоклазового пироксена; № 5 — пироксен из пластиоклаз-апатитового пироксена, Патынский массив (коллекция Д. М. Орлова), в сумму включено H₂O — 0,35%; №№ 6—8 — наиболее богатые глиноzemом пироксены из ямаскитов, массив г. Ямаска, Канала (¹⁰).

ставлены титанистым авгитом с содержанием TiO_2 0,8–1,6 и Al_2O_3 3–5%. При переходе от габбро к сиенитам в пироксенах увеличивается железистость и одновременно уменьшается количество Al и Ti . Содержание Ca и Na остается постоянным во всем ряду минералов. В целом фигуративные точки, отражающие состав пироксенов из габбро и сиенитов, образуют на

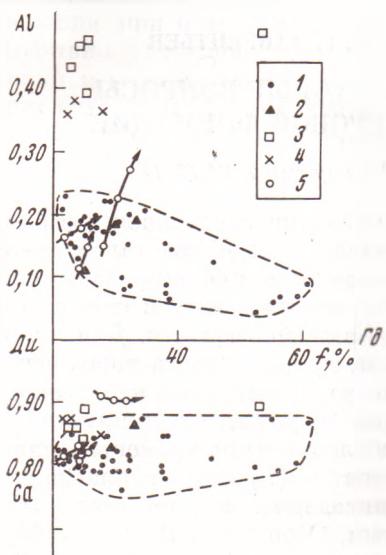


Рис. 1. Состав пироксенов из разных пород сиенит-габбровой формации Алтая-Саянской области. f (%) = $(Fe^{2+} + Fe^{3+}) / (Mg + Fe^{2+} + Fe^{3+})$, Al и Ca – в атомных количествах, пересчитанных на 6 атомов кислорода. Ди – диопсид, Гд – геденбергит. 1 – пироксины из габбро и сиенитов по данным (4, 6), массивы Большой Таскыл, Патын, Кизирский, Осередок; 2 – пироксины из габбро-перидотитов и косвита (4); 3 – пироксины из ультраосновных пород массивов Осередок и Патын (см. табл. 2); 4 – наиболее глиноземистые титан-авгиты из ранних ямаскитов массива г. Ямаска, Канада (10) (см. табл. 1); 5 – анализы зональных пироксенов, выполненные на микрозонде (табл. 2). Стрелки указывают направленность изменения химического состава минералов от центра к периферии

диаграмме единый рой. Три анализа авгитов из рудных габбро-перидотитов и косвита, нанесенные на диаграмму, иллюстрируют идентичность их состава с пироксенами из габбро. Существенно иным оказался состав пироксенов из упоминавшихся выше клинопироксенитов, бедных рудными минералами. В этих породах пироксины содержат повышенные количества TiO_2 (2,5–4,4%) и Al_2O_3 (8–10%) и характеризуются значительной окисленностью железа (табл. 1). Такие пироксины могут быть названы высокоглиноземистыми титан-авгитами или фассаитами. От типичных фассаитов магнезиальных скарнов они отличаются лишь высокой титанистостью и несколько меньшим содержанием Ca.

Пироксениты, сложенные подобным титан-авгитом, — не случайная порода в сиенит-габбровой ассоциации и встречается во многих щелочно-базитовых комплексах. Впервые титан-авгитовые пироксениты были описаны

Таблица 2
Результаты анализа зональных авгитов из габброидов сиенит-габбровой формации (%)

№ обр.	№ anal.	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	Σ
3177	1	50,70	1,10	4,11	8,72	14,80	21,00	0,85	101,28
	2	50,40	1,18	3,78	8,18	15,80	20,60	0,56	100,50
3248	1	50,40	1,67	3,34	8,70	13,90	20,40	0,58	98,99
	2	51,10	1,22	2,67	9,17	15,60	20,30	0,50	100,56
58	1	48,60	2,13	5,11	9,37	12,10	22,50	0,68	100,49
	2	47,50	2,28	6,10	9,80	11,40	22,40	0,68	100,16
	3	49,30	1,26	3,37	9,22	13,00	22,40	0,69	99,24

Примечание. Анализы выполнены на микроанализаторе MS-46 (Ю. Г. Лаврентьев). Обр. № 3177 — пироксен из габбро-троколита, массив Осередок, ксеноморфное по отношению к оливину зерно; № 3248 — пироксен из оливин-авгитового габбро-диорита, массив Осередок, крупный кристалл со слабо выраженной зональностью. Аи. № 1 — краевая часть, аи. № 2 — центральная часть. Обр. № 58 — пироксен из меланократового габбро, Патынский массив (коллекция Д. М. Орлова). Анализированные кристаллы пироксена показаны на рис. 2.

в составе сиенит-габбрового комплекса Монтереджен (Канада), где получили название ямаскитов (¹⁰). Характерно, что пироксены из массива Ямаска близки по составу к пироксенам из аналогичных пород сиенит-габбровой формации Алтая-Саянской области (табл. 1).

Зональность пироксенов изучалась нами на микрозонде MS-46 «Самеса». Количественные определения производились в соответствии с опубли-

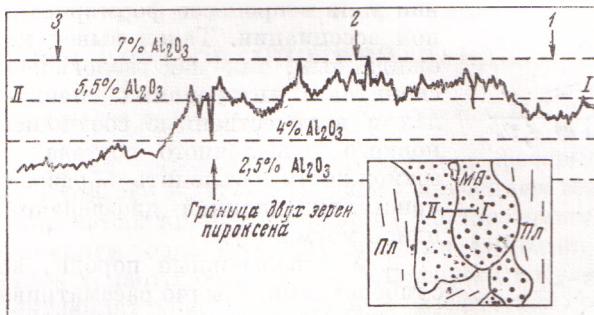


Рис. 2. График содержания Al_2O_3 в зернах пироксена, меланократовое габбро, по данным микрозонда. Содержания глинозема указаны ориентировочно. Цифрами 1–3 обозначены места, где был произведен количественный анализ минерала (см. табл. 2). Патынский массив, обр. № 58 (коллекция Д. М. Орлова). На врезке — зарисовка анализированных зерен (МП — моноклинный пироксен, Пл — плагиоклаз; длина линии 1–11 0,12 мм)

кованной ранее методикой (⁸). В качестве эталонов использовались рутил (Ti), пироп (Al, Fe), голубой диопсид ($\text{Ca}, \text{Mg}, \text{Si}$) и альбит (Na). Зональные зерна пироксенов выбирались в специально изготовленных пластинках толщиной около 0,1 мм, затем извлекались и запрессовывались в эпоксидную смолу для исследования на микрозонде. На рис. 2 приведен график распределения Al в зональных кристаллах пироксена из габбро Патынского массива. Результаты анализов на микрозонде показали (табл. 2), что с увеличением железистости в авгитах возрастает содержание Al . Количества Ti , Ca и Na либо увеличиваются, либо остаются постоянными. В целом изменение состава пироксенов в зональных кристаллах не совпадает с направленностью химической эволюции этого минерала для ряда габбро — сиенит (см. рис. 1).

На рис. 3 приведены некоторые примеры зональности магматических пироксенов из пород разных формационных типов. Оказалось, что зональность пироксенов из пород щелочной оливин-базальтовой и щелочно-базальтоидной формаций * совпадает с характером зональности изученных нами пироксенов из габбро: с увеличением железистости минерала в нем увеличивается содержание Al и иногда Ti , количество Ca возрастает или остается постоянным. В породах андезитовой и трапповой формаций характер зональности пироксенов существенно иной. Здесь с повышением железистости минерала количество Ca и Al в нем уменьшается. Приведенные примеры показывают, что тип зональности авгитов, выявленный для пород основного состава сиенит-габбровой формации, не случаен и, видимо, характерен для пироксенов щелочно-базитовых ассоциаций. Различия в фациальной обстановке не оказали заметного влияния на характер зональности минерала.

Полученные данные позволяют сделать следующие выводы относительно генезиса пород сиенит-габбровой формации.

* Название магматических формаций приводится по Ю. А. Кузнецovу (⁵).

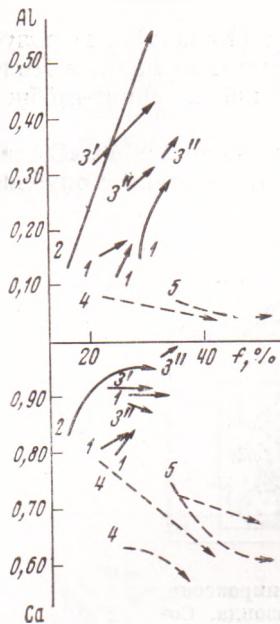


Рис. 3. Характер зональности моноклинных пироксенов из разных магматических пород. Содержание Ca, Al — то же, что на рис. 1. 1 — зональные авгиты из габброидов сиенит-габбройской формации Алтая-Саянской области (см. рис. 1 и табл. 2); 2 — преобладающий тип зональности в авгитах из третичных щелочных базальтов района Фогельсберг, ФРГ (1¹); 3 — зональные авгиты из четвертичных лав района оз. Рудольфа, Африка (3' — базаниты, 3'' — тефриты) (9); 4 — зональные пироксины из третичных толеитовых лав района Фогельсберг (1¹); 5 — зональные пироксины из толеитовых долеритов района Семи, Япония (1²)

1. Направленность в изменении химического состава зональных кристаллов пироксена резко не совпадает с направленностью эволюции этого минерала в ряду пород габбро — сиенит (рис. 1). В связи с этим справедливым представляется утверждение, что кристаллизационная дифференциация не играла сколько-нибудь существенной роли в процессе формирования этой породной ассоциации. Такой вывод не является неожиданным, так как геологическое положение сиенитов в интрузивных сиенит-габбровых телах и количественные соотношения пород основного и щелочного состава также не дают возможности объяснить образование сиенитов кристаллизационной дифференциацией габбродной магмы (3).

2. Ультраосновные породы, ассоциирующие с габброидами, обычно рассматриваются как ранние дифференциаты магмы основного состава, причем иногда для объяснения их генезиса привлекается механизм фракционирования ранних кристаллических фаз. В нашем случае происхождение плагиоклаз-апатитовых пироксенитов типа ямаскитов не может быть объяснено фракционированием ранних кристаллов пироксена, поскольку такие ранние пироксины сложены высокоглиноземистым титан-авгитом. Такой состав авгитов более характерен для поздних продуктов кристаллизационной дифференциации. Выяснение генезиса этих пород требует дополнительного исследования, в том числе привлечения данных о составе других минералов.

Таким образом, приведенные материалы о химическом составе пироксенов и характере их зональности не позволяют однозначно решить вопрос о генезисе пород сиенит-габбройской ассоциации, однако они сокращают число возможных вариантов, в частности свидетельствуют о несущественной роли кристаллизационной дифференциации в происхождении сиенитов, связанных с габброидами, а также показывают несостоительность представлений об ультраосновных породах типа ямаскитов как о ранних дифференциатах габбровой магмы.

Институт геологии и геофизики
Сибирского отделения Академии наук ССР
Новосибирск

Поступило
10 V 1973

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ В. Н. Довгаль, Раннепалеозойская габбро-сиенитовая формация центральной части Алтая-Саянской складчатой области, «Наука», М., 1968.
- ² С. С. Ильинок, Геол. и геофиз., № 4 (1960).
- ³ А. П. Кривенко, В кн. Магматические формации Сибири и Дальнего Востока, «Наука», 1971.
- ⁴ А. П. Кривенко, Д. М. Орлов, В кн.: Проблемы петрологии ультраосновных и основных пород, «Наука», 1972.
- ⁵ Ю. А. Кузнецов, Главные типы магматических формаций, М., 1964.
- ⁶ А. П. Лебедев, О. А. Богатиков. Петрология Кизирского габбро-сиенитового plutona (Восточный Саян), Изд. АН ССР, М., 1963.
- ⁷ Г. В. Поляков, А. П. Кривенко и др., В кн. Проблемы магматической геологии, Новосибирск, 1973.
- ⁸ В. С. Соболев, Б. С. Най и др., ДАН, т. 188, № 5 (1969).
- ⁹ F. H. Brown, J. S. E. Carmichael, Lithos, v. 2, 1969, p. 239.
- ¹⁰ S. S. Gandhi, Canad. Mineral., v. 10, Part 3 (1970).
- ¹¹ G. Schorler, Chem. Erde, B. 29, N. 2 (1970).
- ¹² M. Yamakawa, Contr. Mineral. and Petrol., v. 33, № 3 (1971).