

ПОРОДООБРАЗУЮЩИЕ МИНЕРАЛЫ МИГМАТИТОВ КАМЕНСКОГО МАССИВА

Н. С. Бородина, Г. Б. Ферштатер, В. В. Холоднов

Каменский мигматит-плутон расположен на Среднем Урале, к югу от крупного Адуйского гранитного массива. Было показано [3, 4], что гранитоиды Каменского массива подверглись интенсивной мигматизации, и описаны петрографические особенности этого процесса. Дальнейшим этапом явилось изучение состава породообразующих минералов из главных разновидностей массива на микроанализаторе Cameca SX100 (лаборатория ФХМИ ИГГ УрО РАН, оператор В.В. Хиллер).

Плагиоклазы. Был определен состав плагиоклазов из трондjemитов, слагающих преобладающую часть массива, и даек микрогаббро, в том числе мигматизированных, состоящих из лейкосомы и меланосомы. Ранее авторами указывалось, что для структуры трондjemитов и лейкосомы мигматитов характерно наряду с сравнительно крупными таблицами полевого шпата и среднезернистыми зернами кварца наличие тонкого межзернового аллотриоморфнозернистого агрегата этих минералов. Микроструктурные исследования мигматитов разных типов [5] показали, что появление таких агрегатов, имеющих нередко структуру “ниточки бус” (the string of beads texture) обусловлено изменением скорости охлаждения каймы расплава на границе кварц-полевой шпат (при максимальной скорости образуется стекло, при замедлении – указанная структура, при дальнейшем замедлении – гранофиновые сростания).

Определялись составы плагиоклазов, образующих как крупные таблицы, так и межзерновой агрегат. Результаты показаны в табл. 1. Как следует из нее, номер плагиоклаза колеблется от 18 до 32. При этом состав новообразованных плагиоклазов из межзернового агрегата в трондjemите и лейкосоме даек несколько меньше, чем в плагиоклазах исходных пород, что соответствует данным К. Менерта [1] о поведении анортитовой составляющей в плагиоклазах из мобилизаторов и первичной породы и подтверждает наши представления об анатектической природе части гранитоидов Каменского массива. Наблюдается некоторый рост содержания анортита в более лейкокатовых разностях анатектических пород – лейкосоме (рис. 1а), который отражает повышение водного давления при анатексисе. Однако эти вариации невелики; в целом и главная разновидность массива, и дайки микрогаббро, и светлые, и темные части мигматизированных даек содержат близкий по составу плагиоклаз. Этот

позволяет считать, что весь комплекс пород развивался как замкнутая система в отношении Ca/Na и

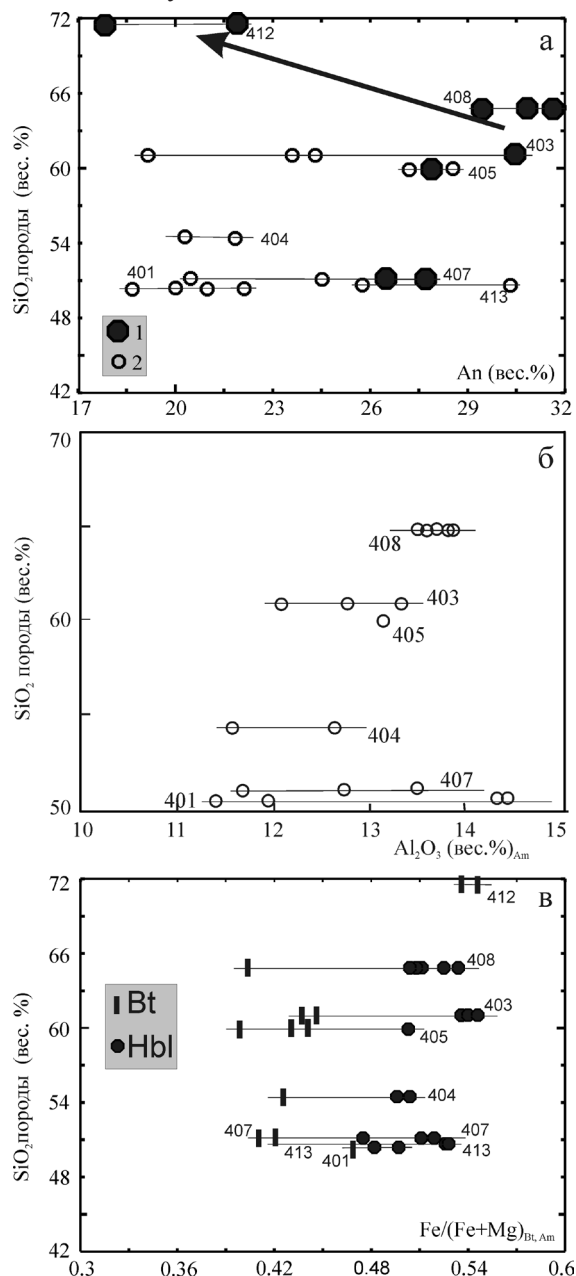


Рис. 1. Диаграммы SiO₂ породы – An_{pl} (а), Al₂O_{3Am} (б), Fe/(Fe+Mg)_{Bt,Am} (в).

а: 1 – крупные идиоморфные зерна плагиоклаза, 2 – мелкие ксеноморфные зерна в мелкозернистом агрегате – продукте кристаллизации вторичного (анатектического) расплава; в: Bt – биотит, Hbl – амфибол.

Таблица 1. Состав минералов из пород Каменского массива

Проба	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Tot	f
Биотит											
401/1	36.22	14.85	1.94	18.84	0.20	11.94	0.06	0.15	9.16	95.90	0.47
403/1	37.27	15.14	2.10	17.84	0.24	12.87	0.01	0.13	9.27	96.19	0.44
403/2	36.65	15.00	2.16	18.02	0.21	12.68	0.06	0.12	9.10	99.58	0.44
404/1	36.05	15.17	1.20	15.51	0.09	13.17	0.05	0.08	9.09	96.67	0.40
404/2	35.86	14.77	1.88	16.55	0.12	12.33	0.01	0.09	9.22	96.60	0.43
404/3	35.76	15.22	1.69	17.35	0.09	12.41	0.06	0.13	8.93	84.20	0.44
405/1	49.08	17.22	0.77	8.40	0.12	6.35	0.21	0.05	11.22	99.50	0.43
407/1	36.19	15.19	1.98	16.38	0.13	13.12	0.06	0.16	8.54	94.73	0.41
408/1	35.95	15.64	1.42	15.93	0.12	13.20	0.10	0.17	8.57	97.73	0.40
412/1	35.95	15.65	2.56	19.95	0.57	9.59	0.03	0.14	9.74	94.24	0.54
412/2	35.95	15.65	2.56	19.95	0.57	9.59	0.03	0.14	9.74	94.24	0.54
412/3	36.16	15.55	2.43	20.16	0.50	9.44	0.03	0.10	9.80	95.36	0.55
413/1	37.05	15.61	1.95	16.82	0.06	13.33	0.01	0.15	9.13	94.11	0.42
Амфибол											
401/1	42.79	0.41	11.95	17.63	0.31	10.03	11.15	1.46	0.45	96.22	0.50
401/2	43.45	0.35	11.39	17.01	0.39	10.26	10.87	1.71	0.34	95.90	0.48
403/1	42.06	0.46	12.06	18.73	0.54	9.02	10.84	1.68	0.46	96.19	0.54
403/2	41.20	0.49	12.76	18.05	0.62	8.65	10.54	1.69	0.39	94.46	0.54
403/3	41.80	0.34	13.31	18.34	0.61	8.56	10.34	1.80	0.32	95.47	0.55
404/1	42.57	0.32	12.64	17.82	0.44	9.86	10.88	1.76	0.32	96.67	0.50
404/2	43.15	0.46	11.57	17.89	0.28	10.22	11.34	1.40	0.53	96.92	0.50
404/3	43.15	0.46	11.57	17.89	0.28	10.22	11.34	1.40	0.53	96.92	0.50
405/1	41.04	0.39	13.15	16.48	0.28	9.13	10.43	1.45	0.33	92.70	0.50
407/1	41.88	0.43	12.74	17.41	0.35	9.05	10.92	1.47	0.36	94.66	0.52
407/2	44.14	0.46	11.65	16.82	0.34	10.44	11.11	1.35	0.28	96.61	0.47
407/3	42.48	0.39	13.49	17.44	0.38	9.37	10.64	1.64	0.32	96.18	0.51
408/1	39.95	0.29	13.49	15.92	0.38	8.59	9.79	1.72	0.44	90.74	0.51
408/2	39.67	0.39	13.60	15.48	0.30	8.42	10.04	1.55	0.36	89.89	0.51
408/3	40.19	0.35	13.67	17.36	0.40	8.49	10.45	1.51	0.34	93.21	0.53
408/4	39.95	0.29	13.87	16.03	0.37	8.84	10.22	1.62	0.34	92.17	0.50
408/5	39.54	0.25	13.82	16.43	0.33	8.35	9.99	1.55	0.36	90.79	0.52
413/1	41.76	0.36	14.32	17.67	0.27	8.93	10.94	1.57	0.38	96.30	0.53
413/2	41.99	0.40	14.40	17.80	0.29	8.93	10.76	1.65	0.43	96.68	0.53
Плагиоклаз											
Проба	SiO ₂		Al ₂ O ₃				CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Tot	An
401/1-s	62.23		23.36				4.59	8.84	0.14	99.64	22
401/2-s	63.44		22.65				3.91	9.34	0.12	100.14	19
401/3-s	62.35		23.06				4.27	9.01	0.16	99.15	21
403/1-b	59.61		22.73				6.25	7.84	0.06	97.46	30
403/2-s	62.17		23.57				5.05	8.62	0.10	99.71	24
403/3-s	63.43		22.76				3.99	9.23	0.11	99.59	19
403/4-s	62.27		23.79				4.97	8.81	0.12	100.08	24
404/1-s	62.85		22.18				4.15	9.00	0.13	98.49	20
404/2-s	62.46		22.93				4.68	8.99	0.12	99.18	22
405/1-b	59.21		23.11				5.63	7.96	0.05	96.05	28
405/2-b	59.50		22.95				5.51	8.09	0.07	96.22	27
405/3-b	59.13		23.31				5.76	7.92	0.09	96.54	29
407/1-s	61.44		23.45				5.08	8.59	0.08	98.73	25
407/2-s	62.41		23.11				4.27	9.10	0.08	99.25	20
407/3-s	61.42		24.44				5.77	8.25	0.07	100.24	28
407/4-b	61.65		24.18				5.48	8.34	0.07	99.84	27
408/1-b	59.62		24.08				5.96	7.78	0.18	97.73	29
408/2-b	58.38		24.13				6.26	7.67	0.13	96.84	31
408/3-b	58.63		24.01				6.50	7.65	0.07	96.93	32
408/4-b	57.40		23.63				6.32	7.44	0.10	95.37	32
412/1	63.68		22.10				3.69	9.14	0.31	99.01	18
412/2	62.40		21.98				4.07	7.86	0.26	96.58	22
413/1	60.40		24.89				6.27	7.91	0.07	99.87	30
413/2	61.41		24.06				5.34	8.44	0.07	99.69	26
413/3	61.81		23.94				5.10	8.73	0.09	100.04	24

Примечание. f – Fe/(Fe+Mg), An – содержание анортитового компонента в плагиоклазе. В обозначениях плагиоклазов: s – зерно из мелкозернистого агрегата, b – крупное зерно. В обозначениях проб – первая цифра номер пробы породы, вторая – номер точки, в которой произведен анализ. Породы: 401 – дайка тонкозернистого роговообманкового габбро; 403 – лейкосома дайки 401; 404 – меланосома мигматизированной дайки; 405 – лейкосома той же дайки; 407, 408 – меланосома и лейкосома мигматизированной дайки; 412, 413 – трондьемит и габбро массивной текстуры. Анализы пород приведены в статье [3].

плагиоклаз находится в равновесии с новообразованным анатектическим расплавом – продуктом частичного плавления базитов.

Амфиболы. Амфиболы распространены повсеместно в рассматриваемых породах и относятся к одному типу – кальциевых амфиболов серии паргасит-гастингсит ($Ca > 1.5$, $Ti < 0.5$, $(Na + K) > 0.5$, железистость близка к 0.5). Зависимости от размера зерен не отмечается. В ряду от меланократовых пород (дайки, меланосома, габбро) к лейкократовым (лейкосома), в части амфиболов растет железистость (рис. 1в) и несколько падает содержание магния и кальция (см. табл. 1). Такая тенденция изменения химического состава отвечает вариациям первичных минералов в магматических породах разного состава и свидетельствует о сохранении некоторых первичных особенностей исходных пород. Важное исключение составляет поведение глинозема, содержание которого заметно возрастает в амфиболах из более лейкократовых и богатых кремнеземом разностей пород, что согласуется с отмеченным выше небольшим ростом анортитовой составляющей (а следовательно, и глинозема) в сосуществующих плагиоклазах. Эта закономерность отражает рост P_{H_2O} при анатексисе и служит важным аргументом в пользу анатектической природы как лейкосомы, так и большинства кремнекислых пород. В то же время большая часть измеренных зерен амфибола сохраняет некоторые общие особенности химизма, в частности, близкую железистость в породах разного состава, что свидетельствует об их равновесии (как и плагиоклаза) с анатектическим расплавом.

Биотиты. Биотиты изученных пород располагаются внутри классификационного поля, ограниченного четырьмя конечными членами: флогопитом, аннитом, истонитом и сидерофиллитом. С возрастанием кремнекислотности пород железистость биотитов несколько увеличивается (заметно более высокой железистостью отличаются биотиты из гранитов – проба 412), что свидетельствует о большей сохранности их первичной природы по сравнению с амфиболом. При этом биотит характеризуется меньшей железистостью в сравнении с амфиболом (рис. 1в), что, в свою очередь, указывает и на раннюю кристаллизацию биотита по сравнению с амфиболом в первичных (доанатектических) породах.

Реставрация условий анатексиса на основе $Am-Pf$ барометра (рис. 2) свидетельствует о том, что анатексис пород Каменского массива происходил в более высокобарических условиях по сравнению с другими массивами Урала, в которых был изучен анатексис базитов. Причем, как свидетельствуют указанные выше особенности составов таких минералов, как амфибол и плагиоклаз, а также постоянное присутствие эпидота, это повышенное давление обязано как литостатической нагрузке, так и высокому содержанию воды. Обращает на се-

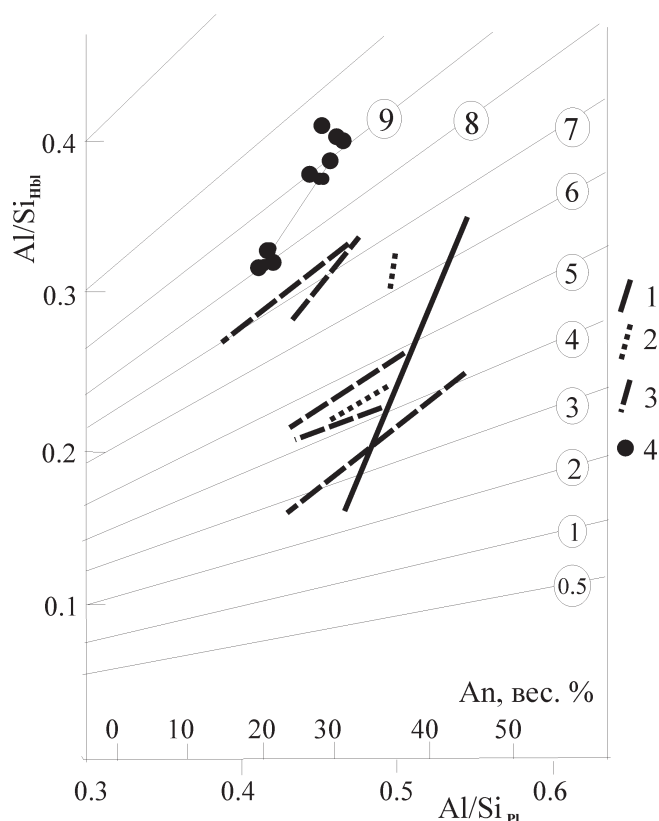


Рис. 2. Диаграмма $Al/Si_{амф}-Al/Si_{пл}$ – амфибол-плагиоклазовый барометр [2].

1–3: тренды фигуративных точек анатектитов лейкогаббро-анартозит-плагиогранитной серии Платиноносного пояса Урала (1), габбро-тоналит-гранодиорит-гранитных серий Верхисетского (2) и Сыростанского (3) массивов; 4 – точки пород Каменского массива.

бя внимание, что во всех случаях отмечаются парагенезисы, отвечающие двум уровням по давлению. Большему давлению отвечают условия анатексиса, а меньшему – условия кристаллизации в магматической камере.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Менерт К. Мигматиты и происхождение гранитов. М.: Мир, 1971. 328 с.
2. Ферштатер Г.Б. Эмпирический плагиоклаз-роговообманковый барометр // Геохимия. 1990. № 3. С. 328–335.
3. Ферштатер Г.Б., Бородина Н.С., Холоднов В.В. Мигматизация в Каменском гранодиорит-гранитном массиве как один из источников пермских гранитов // Ежегодник-2007. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2008. С. 164–167.
4. Ферштатер Г.Б., Шардакова Г.Ю., Краснобаев А.А., Богомолов Е.С., Бережная Н.Г. Rb-Sr и цирконий U-Pb возраст Каменского мигматит-плутона (Средний Урал) // Ежегодник-2006. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2007. С. 200–205.
5. Hollness M.R., Sawyer E.W. On the pseudomorphing of melt-filled pores during the crystallization of migmatites // J. Petrol. V. 49. № 7. 2008. P. 1343–1363.