

Д. И. ЦАРЕВ

ПРОЯВЛЕНИЕ МАГМАТИЧЕСКОГО ЗАМЕЩЕНИЯ В СУБВУЛКАНИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

(Представлено академиком Д. С. Коржинским 5 IV 1973)

На Батаневском крыже Кузнецкого Алатау близ д. Катюшкиной находится участок вулканогенных пород, выраженный в рельефе группой возвышенностей с обозначенной на карте высотой 808,5.

В геологическом отношении участок приурочен к замковой части Катюшкинской синклинали, где верхнепротерозойско-нижнепалеозойские терригенно-карбонатные породы несогласно перекрыты эффузивами и туфами базальтовых и андезитов-базальтовых порфиритов. Последние по неправильному прерывистому кольцу диаметром около 4 км прорваны эксплозивными брекчиями, интрузивными телами сиенитов и дайками кислого и щелочного состава (см. рис. 1). Этот участок представляет собой реликт эродированного палеозойского вулкана центрального типа. К нему приурочено свинцово-медное оруденение. Почти в центре кольцевой структуры расположено поле лейкократовых щелочных микросиенитов (жерловая часть). На восточном фланге участка обнажаются лейкократовые кварцевые биотитсодержащие сиениты, которые в краевых частях тела переходят в бескварцевые лейкократовые щелочные сиениты с редкими зернами опациitized роговой обманки. Эффузивы и эксплозивные брекчии в контакте с интрузией сиенитов сильно калишпатизированы.

Эксплозивные брекчии представлены в основном обломками шлакоподобных плагиоклазовых порфиритов, реже ортофинов, сиенитов, мраморов, осадочных кварцитов. Сиениты в обломках лейкократовые, большей частью щелочные, с порфиробластами ортоклаза. Эксплозивные брекчии содержат взаимопараллельные линзовидные включения коричневых «лав» типа «фьямме»⁽⁶⁾, которые местами имеют причудливые очертания с расщепленными концами; количество их достигает 50% общего объема породы, размеры в верхнем пределе — 40 см в длину, 20 см в ширину и 6 см в толщину, наиболее часто встречающиеся 1—10 см в длину. Крупные фьямме по периферии имеют темно-коричневый цвет, который ближе к середине сменяется розовато-бурым. В центральной части по длине идет полоска шириною около 2 мм, в середине имеющая также темно-коричневый цвет,

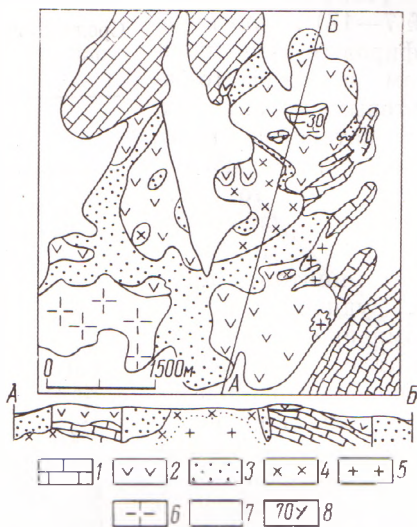


Рис. 1. Геологическая карта и разрез Катюшкинского палеовулкана. 1 — терригенно-карбонатные породы фундамента; 2 — эффузивные базальтовые и андезитов-базальтовые порфириты; 3 — рвущие эксплозивные брекчии; 4 — лейкократовые щелочные микросиениты; 5 — лейкократовые кварцевые сиениты, отдельными участками переходящие в лейкократовые щелочные сиениты; 6 — щелочноземельные сиениты; 7 — четвертичные отложения; 8 — элементы залегания

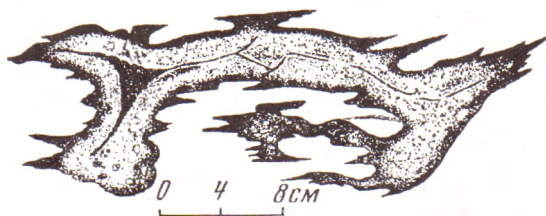


Рис. 2. Участок магматического замещения типа «фьямме»

мерокристы альбит-олигоклаза. При микросферолитовой основной массе наблюдается большое количество микроминдалинок, выполненных зеленым хлоритом. Они располагаются хаотически или в виде флюидальных полос, но, как правило, приурочиваются к центру наиболее крупных калишпатовых сферолитов. По фьямме и окружающей калишпатизированной обломочной массе развиваются красноватые карбонаты. Вкрапления плагноклазов по оптическим константам ($2V=79-84^\circ$, угол N_p' : 010 в зоне $\perp [100] = -10 \div -13^\circ$, №№ 7—12) аналогичны порфировым вкраплениям в андезито-базальтовых порфиритах. Они катаклазированы, оплавлены, нередко окружены эпидотом или полностью забитыми вторичными минералами — серицитом, эпидотом, рудной сырью и, несомненно, являются реликтами вкрапленников порфиров, чьи обломки слагают подавляющую массу взрывных брекчий.

Состав ортоклаза в обломках щелочных сиенитов, по данным замеров оптических констант, следующий: ортоклаз 54%, альбит 40%, анортит 6%. Он близок по составу ортоклазу щелочных сиенитов во фронтальной части интрузии кварцевых сиенитов.

Среднее содержание породообразующих окислов отдельных составных частей взрывных брекчий приведено в табл. 1. Изменчивость состава в девяти фьямме из разных мест взрывных брекчий весьма мала. Обнаруживается большое сходство химических составов фьямме и щелочных лейкократовых сиенитов в обломках.

Принимая во внимание, что взрывная брекчия состоит в основном из измененных обломков андезито-базальтовых порфиров и развитие фьямме приурочивается к наиболее интенсивно калишпатизированным ее

а по краям светло-розовый. Эта полоска разветвляется согласно ветвлению фьямме, но не доходит до его конца (см. рис. 2).

Под микроскопом фьямме обнаруживает фельзитовую, микросферолитовую структуры основной массы, в которой размещаются редкие кристаллы, обломки кристаллов и гло-

Таблица 1
Среднеарифметические содержания породообразующих окислов различных составных частей взрывных брекчий (вес.%)

	0	1	2	σ	v , %	3	4
SiO ₂	50,27	57,55	60,91	1,14	1,9	60,03	63,55
TiO ₂	1,25	1,06	0,53	—	—	0,55	0,70
Al ₂ O ₃	17,79	18,02	18,19	0,28	1,54	18,72	17,14
Fe ₂ O ₃	3,09	2,33	1,54	1,3	36,5	1,69	1,38
FeO	5,12	3,24	2,16	—	—	1,73	2,69
MnO	0,19	0,14	0,12	—	—	0,1	0,08
MgO	3,40	1,86	1,0	0,43	31	0,76	1,20
CaO	5,49	2,48	1,38	0,54	11,8	1,89	1,11
Na ₂ O	3,91	5,20	4,58	0,9	11,3	3,4	5,20
K ₂ O	3,37	5,36	7,96	—	—	8,6	4,05
P ₂ O ₅	0,73	0,36	0,11	—	—	0,19	0,33
CO ₂	2,02	0,50	—	—	—	0,66	—
S	0,01	сл.	—	—	—	сл.	—
H ₂ O	—	—	0,39	—	—	—	1,78
П.п.п.	—	1,84	1,13	—	—	—	—
Σ	99,95	99,94	100	—	—	98,39	99,21
Число анализов	4	2	9	—	—	2	1

Примечание. 0 — андезито-базальтовые порфириды; 1 — калишпатизированные андезито-базальтовые порфириды; 2 — фьямме; 3 — обломки щелочных сиенитов, аналогичных щелочным сиенитам в краевой части интрузии кварцевых сиенитов; 4 — интрузивное тело кварцевых сиенитов (σ — среднее квадратическое отклонение; v — коэффициент вариации).

Рис. 3. Диаграмма миграции элементов в процессе щелочного метасоматоза и магматического замещения (М 1 деление = 10%). 0 — исходная порода; 1 — метасоматически измененный андезит-базальтовый порфирит; 2 — линзочки магматического замещения — «фьямме»

Рис. 4. Диаграмма соотношений альбит — ортоклаз — анортит в породах гранитной — щелочногранитоидной формации. Линия $e - \min$ — котектика системы Аб — Орт — Ан при давлении H_2O 2 кбар (по В. С. Соболеву)

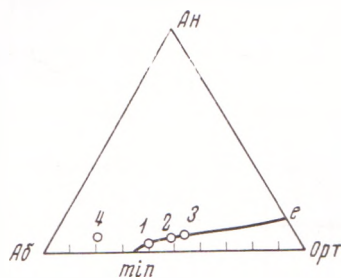


Рис. 4

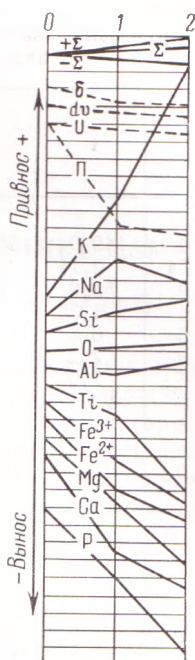


Рис. 3

частям, приходим к выводу, что фьямме представляет собою участки, в которых щелочной метасоматоз перешел в стадию магнезиализации. Это подтверждается следующими характерными чертами фьямме: 1) четкие контуры; 2) флюидалная текстура; 3) в тонких разностях согласная с контактами ориентировка реликтовых зерен плагиоклаза; 4) огибание обломков; 5) поперечная трещиноватость в некоторых разностях, не переходящая во вмещающую среду; 6) стабильные химический и минеральный составы; 7) соответствие среднего химического состава котектике для гранит-щелочногранитоидной формации по В. С. Соболеву (1).

Результаты расчетов нормативного субмодалного состава, баланса вещества и внутренней энергии различных зон замещения породы (3) указывают на то, что метасоматоз, перерастающий участками в магматическое замещение, проходил с уменьшением объемного и удельного весов и пористости породы (см. табл. 2). Это обусловлено разложением относительно тяжелых минералов и выносом Fe, Mg, Ca, P, Ti и образованием более легких минералов на базе привноса K, Na, Si. Количество Al и O оставалось практически без изменения. Если K и Na в зону метасоматического замещения привнесены в равных количествах, то в зону магматического замещения привнос первого возрос примерно на столько, на сколько вынесено второго. Преобладание общего привноса веществ над выносом на 4% пошло на частичное замещение пористости породы. Уменьшение пористости, объемного и удельного весов произошло в основном при формировании первой зоны — зоны калишпатизации. В зоне же магматического замещения дальнейшее уменьшение этих параметров продолжалось, но уже в незначительной мере (см. табл. 2 и рис. 3).

Изложенный фактический материал позволяет представить совершившийся геологический процесс в следующей последовательности: 1) завершение базальтоидного вулканизма и образование субвулканического очага щелочно-салической магмы; 2) кристаллизация очага и образование по его периферии щелочных лейкократовых сиенитов (4); 3) возникновение кольцевых трещин кальдеры оседания, эксплозии по этим трещинам, дробление порфиритов, сиенитов, пород фундамента; 4) закупорка трещин экс-

Баланс вещества по атомно-объемной системе при замещении андезитов-базальтовых порфиритов

	0	1	2	0—1		1—2		0—2	
				абс.	% к 0	абс.	% к 1	абс.	% к 0
Si	133,4	149,0	157,9	+15,6	+12	+8,9	+6	+24,5	+18
Ti	2,54	2,14	0,97	-0,40	-16	-1,17	-55	-1,57	-62
Al	54,2	52,0	55,7	-2,2	-4	+3,7	+7	+1,5	+3
Fe ³⁺	6,4	4,35	2,8	-2,05	-32	-1,55	-36	-3,6	-56
Fe ²⁺	11,3	6,8	4,75	-4,5	-40	-2,05	-30	-6,5	-57
Mg	13,3	7,2	3,88	-6,1	-46	-3,32	-46	-9,42	-71
Ca	15,5	7,0	3,88	-8,5	-55	-3,12	-45	-11,62	-75
Na	19,7	26,0	23,2	+6,3	+32	-2,8	-11	+3,5	+18
K	11,3	17,7	26,6	+6,4	+57	+8,9	+50	+15,3	+135
P	1,6	0,97	0,29	-0,63	-39	-0,68	-70	-1,31	-82
O	429,0	437,0	444,0	+8,0	+2	+7,0	+2	+15,0	+4
+Σ				+36,30	+5	+28,50	+4	+59,80	+9
-Σ				-24,38	-3	-14,69	-2	-34,02	-5
Σ	698,24	716,16	723,97	+11,92	+2	+13,81	+2	+25,78	+4
П	6,24	2,60	2,26	-3,64	-58	-0,34	-13	-3,98	-65
δ	2,89	2,70	2,66	-0,19	-7	-0,04	-1,5	-0,23	-8
d _v	2,73	2,63	2,60	-0,1	-4	-0,03	-1	-0,13	-5
U	96,11	94,28	93,51	-1,83	-2	-0,77	-0,8	-2,60	-3

Примечания. Содержание окислов выражено числом атомов в 10 000 Å³. 0 — исходная порода — андезитов-базальтовые порфириты; 1 — зона метасоматического замещения — калишпатизированные андезитов-базальтовые порфириты; 2 — зона магматического замещения — фьямме; +Σ — сумма привноса; -Σ — сумма выноса; Σ — общий баланс; П — пористость (%); δ — удельный вес; d_v — объемный вес; U — внутренняя энергия (ккал/см³).

плотивными брекчиями и дайками; 5) щелочной метасоматоз под действием трансмагматических растворов (⁵), идущих от очага щелочно-салической магмы; развитие этого очага путем магматического замещения вулканических пород, и в первую очередь эксплозивных брекчий, как наиболее проницаемых для растворов; сплошному фронту магматического замещения предшествует локальное магматическое замещение с образованием магматических линзочек типа «фьямме».

Локальное магматическое замещение обосновывается тем, что в процессе гидротермального промачивания пород происходила гетерогенизация поровых растворов (²). Отдельные участки породы с повышенной концентрацией метасоматизирующих растворов подвергались более интенсивному замещению. При достижении определенной температуры и давления метасоматизирующего флюида, а также состава этих участков, соответствующего котектическому (см. рис. 4), метасоматоз перерастал в магматическое замещение. Снизить температуру плавления могли летучие компоненты.

Бурятский филиал Сибирского отделения
Академии наук СССР
Улан-Удэ

Поступило
3 IV 1973

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Н. Л. Добрецов, В. В. Ревердатто и др., Фации метаморфизма, 1970.
- ² П. И. Каушанская, Г. Л. Поспелов, В сборн. Физические и физико-химические процессы в динамических рудообразующих системах, «Наука», 1973.
- ³ Ю. В. Казигин, В. А. Рудник, Руководство к расчету баланса вещества и внутренней энергии при формировании метасоматических пород, 1968.
- ⁴ Д. С. Коржинский, В сборн. Магнетизм и связь с ним полезных ископаемых, Тр. II Всесоюз. петрогр. совещ., 1960.
- ⁵ Д. С. Коржинский, В сборн. Магнетизм, формирования кристаллических пород и глубины Земли, Т. IV, Всесоюз. петрогр. совещ., ч. 1, «Наука», 1972.
- ⁶ Е. Ф. Малеев, Вулканокластические горные породы, 1963.