

К. М. ТИМЕРБАЕВА

**ЭКСТРУЗИВНЫЕ КУПОЛЫ ВУЛКАНА
БОЛЬШАЯ УДИНА**

Расположенный в южной части Ключевской вулканической группы вулкан Большая Удина представляет собой правильный, глубоко расчлененный барранкосами конус, на южном и восточном склонах которого имеются четыре экструзивных купола.

Впервые куполы Большой Удины осмотрел С. А. Конради (1925). Взятый им в одном из куполов образец роговообманкового андезита впоследствии детально описал А. Н. Заварицкий (1935). Позднее В. И. Влодавец (1940) отметил существование на южном и юго-восточном склонах вулкана двух сопочек правильной формы. Более полные данные имеются у Б. И. Пийпа (1956). Последний рассматривал описанные им три купола как выжатые на поверхность массы межпластовых инъекций роговообманкового андезита. Хорошая сохранность форм куполов, расположенных в глубоких барранкосах, расчленивших вулканический конус еще до образования экструзий, позволили Б. И. Пийпу сделать вывод о послеледниковом возрасте куполов и значительном перерыве, прошедшем со времени прекращения деятельности Большой Удины до образования экструзий.

Данные, полученные нами, также свидетельствуют о послеледниковом возрасте куполов. Что же касается точки зрения Б. И. Пийпа относительно механизма образования куполов и генетической связи встреченных им на Удинском долу пемз с формированием куполов, то она вызывает сомнение, так как имеющиеся у нас факты противоречат ей.

В строении вулкана Большая Удина, представляющего собой типичный стратовулкан, принимают участие туфобрекчии и лавы андезито-базальтового состава, гиперстеновые андезиты, переслаивающиеся с прослоями агломератовых лав того же состава, двупироксеновые и роговообманковые андезиты, образующие боковые и вершинную экструзии (рис. 1).

Андезито-базальтовые туфобрекчии обнажаются на южном и юго-западном склонах вулкана Большая Удина, в центральных частях глубоко-врезанных в тело вулкана барранкосов. Видимая мощность туфобрекчии около 40 м. Толща туфобрекчии отвечает периоду сильных пирокластических выбросов вулкана Большая Удина. Непосредственно на туфобрекчиях залегают лавовые потоки также андезито-базальтового состава. Эти породы мы находим на всех склонах вулкана; при этом особенно обширную площадь они занимают на северо-западном склоне Большой Удины. Потоки лав маломощные (0,5—1 м), в разрезе на южном склоне насчитывается до 40 таких лавовых потоков, без прослоев пирокластических продуктов.

Зоны выветривания, значительное изменение химического состава лав и эрозионные врезы, выработанные в андезито-базальтах и заполненные

лавами при последующих излияниях,— все это свидетельствует о значительном перерыве в деятельности Большой Удины, наступившем после формирования андезито-базальтовой толщи.

Последующие излияния гиперстеновых андезитов покрыли все склоны Большой Удины. По сравнению с последующими первоначальные порции лавы имели несколько более основной состав и стекали в виде лавовых

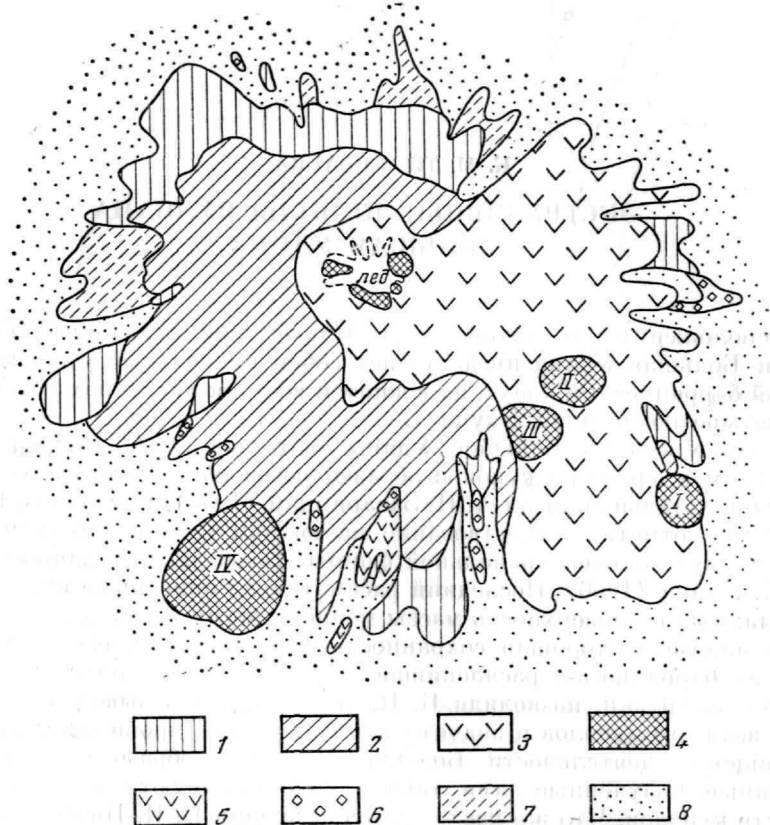


Рис. 1. Схема строения вулкана Большая Удина

1 — андезито-базальты; 2 — гиперстеновые андезиты; 3 — двупироксеновые андезиты; 4 — роговообманковые андезиты; 5 — роговообманковые андезито-дациты; 6 — современная морена; 7 — осыпи; 8 — нерасчлененные рыхлые четвертичные отложения. Куполы: I — Юго-Восточный; II — Восточный; III — Шероховатый; IV — Южный

потоков мощностью 2—3 м. Затем начали изливаться более мощные потоки до 10—12 м, которые в настоящее время после эрозионного расчленения образуют хорошо выраженные в рельефе уступы на высоте 1800—2220 м. Излияния этих потоков чередовались с довольно сильными взрывными выбросами, о которых свидетельствуют мощные прослои серых туфобрекчий, залегающих между отдельными потоками гиперстеновых андезитов.

Завершающим этапом эффузивной деятельности вулкана Большая Удина было излияние двупироксеновых андезитов, покрывших весь восточный склон вулкана и захоронивших под собой все более древние породы Большой Удины. На южном и северном склонах двупироксеновые андезиты распространены меньше. Здесь они обнажаются на высоте 2000 м и выше.

После продолжительного перерыва, соответствующего периоду существенной дифференциации в магматическом очаге, и значительного эрозионного расчленения началось выжимание роговообманковых андезитов, заполнивших жерло вулкана и образовавших самостоятельные куполы на его склонах.

Купол Юго-Восточный располагается на юго-восточном склоне вулкана Большая Удина на высоте 1200 м. Относительная высота купола 100—120 м. Купол имеет в плане форму слабо вытянутого с севера на юг (азимут простирания 10°) неправильного овала, имеющего в поперечнике 400—500 м. Отношение высоты купола к его диаметру приблизительно равно 1/4. Склоны купола довольно крутые, местами до 45°, западные несколько положе восточных. С юга купол заканчивается тремя плохо выраженными отрогами.

Купол сложен однообразными серыми роговообманковыми андезитами. На отдельных радиально расположенных участках, начинающихся несколько ниже вершины и прослеживающихся почти вплоть до подножия, на южном и западном склонах купола, выходят сильноожезленные андезиты красного и бурого цвета. Эти участки, по-видимому, связаны с зонами интенсивной трещиноватости пород, расположенными вдоль радиальных трещин, возникших при застывании экструзии.

Купол Восточный (рис. 2) находится на восточном склоне вулкана на высоте от 1800 до 2000 м. Относительная высота купола 200 м, диаметр около 700 м. Следовательно, отношение высоты к диаметру несколько больше 1/3; купол слабо вытянут в северо-северо-западном направлении. Верхняя часть купола представляет собой отдельные скальные обелиски, хотя в целом для купола характерна мягкая сглаженная форма поверхности. Последнее, по-видимому, объясняется тем, что в процессе формирования купола, продолжавшегося в течение длительного времени, первоначально образовывались отдельные обелиски, пространство между которыми впоследствии заполнялось обрушивающейся брекчией. В результате этого мы имеем в некоторых местах почти нацело брекчированную, сильно разрушенную породу.

У восточного края купола имеются совершенно отвесные обрывы, в которых видна хорошо выраженная столбчатая и крупноглыбовая отдельность.

Для купола Восточного характерны следующие две основные системы трещин.

1. Система трещин, ориентированных относительно центра экструзии радиально. Трещины близки к вертикальным (углы 70—90°), большей частью зияющие, довольно неровные.

2. Система почти горизонтальных трещин (углы 0—15°). Трещины ровные, очень тонкие, в некоторых местах даже плохо заметные.

Купол Шероховатый расположен на юго-восточном склоне Большой Удины на высоте 2000 м. Относительная высота купола 150 м. Диаметр купола около 700 м. Отношение высоты к диаметру приблизительно равно 1/5. Морфология купола Шероховатого хорошо соответствует его названию (рис. 3). Вершина экструзии представляет собой отдельные скальные обелиски высотой до 7—8 м с хорошо сохранившейся формой. С запада купол обрывается в барранкос отвесной стеной высотой до 30 м.

В общей массе пород, слагающих вертикальные уступы, заметны прослои и участки, отличающиеся цветом. Андезиты с вишневой окраской чередуются с розовыми и желтоватыми андезитами. Местами розовые андезиты переходят в серые. Грубая слоистость сохраняется и здесь и также имеет почти горизонтальную ориентировку.

Купол Южный находится у южного подножия вулкана. Абсолютная высота купола 1600 м, относительная — 350—400 м. Отношение высоты к диаметру 1/4. Купол слабо вытянут в южном направлении и имеет

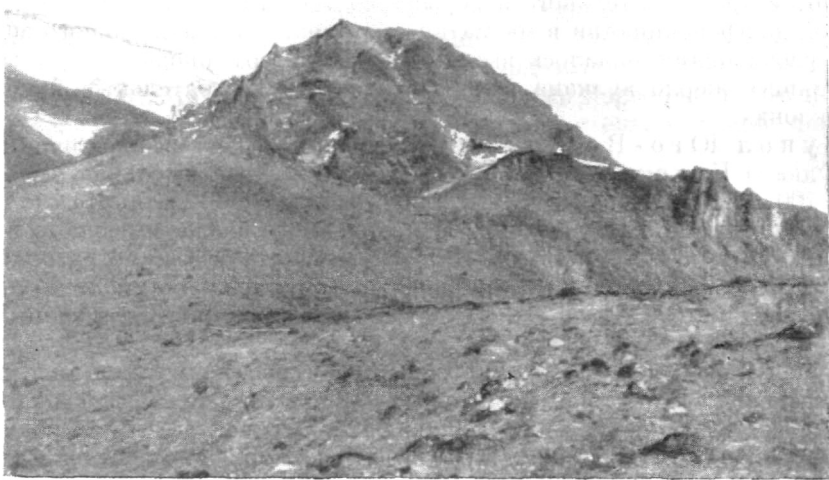


Рис. 2. Купол Восточный

в плане форму, несколько напоминающую треугольник. Западные и южные склоны купола довольно пологие. Восточный и отчасти северный склоны имеют совершенно иной характер, обусловленный наличием вертикальных обрывов высотой до 20 и более метров. В одном из обрывов видна вертикально ориентированная струйчатость. На сравнительно ровной поверхности купола Южного в западной его части имеются отдельные холмистые возвышенности диаметром 10—15 м, вершинная часть которых представляет собой хаотический навал глыб, тогда как в краевых частях поверхность их хорошо сохранилась и плавно погружается под плато брекчий, покрывающих тело основного купола. Поверхность возвышенностей в краевых частях расчленена рядом неглубоких трещин растяжения, образовавшихся в результате охлаждения, и весьма напоминает поверхность типа «хлебной корки» (рис. 4).

Образование упомянутых возвышенностей, усложняющих морфологию купола, по-видимому, следует связывать с выжиманием отдельных небольших порций лавы, происходившим уже после формирования купола. Остается неясным, имеем ли мы дело с протыканием ранее образованного купола последующими порциями лавы или последние представляют выжимки вязкой лавы из уже сформировавшегося купола через застывшую корку. Последний вариант кажется более вероятным.

Судя по описанию Т. И. Устиновой (1954), такого же рода процесс, но в большем масштабе, имел место и при формировании экструзивных куполов на юго-восточном подножии вулкана Гамчен, где на вершине первоначально возникшего экструзивного «бугра-пьедестала» диаметром в 250 м были образованы еще три мелких купола.

Возраст куполов. Куполы Большой Удины — наиболее молодые образования этого вулкана, возникшие уже в послеледниковое время. Об этом свидетельствует отсутствие следов ледниковой обработки куполов, а также то обстоятельство, что в составе морены второго оледенения совершенно отсутствуют обломки роговообманковых андезитов, слагающих куполы Большой Удины. Ниже приводится процентный состав морены второго оледенения у южного подножия Большой Удины (табл. 1, обнажения 21-27).

Наличие в моренном материале значительного количества обломков всех пород, слагающих конус Большой Удины, указывает на доледниковый возраст последнего.

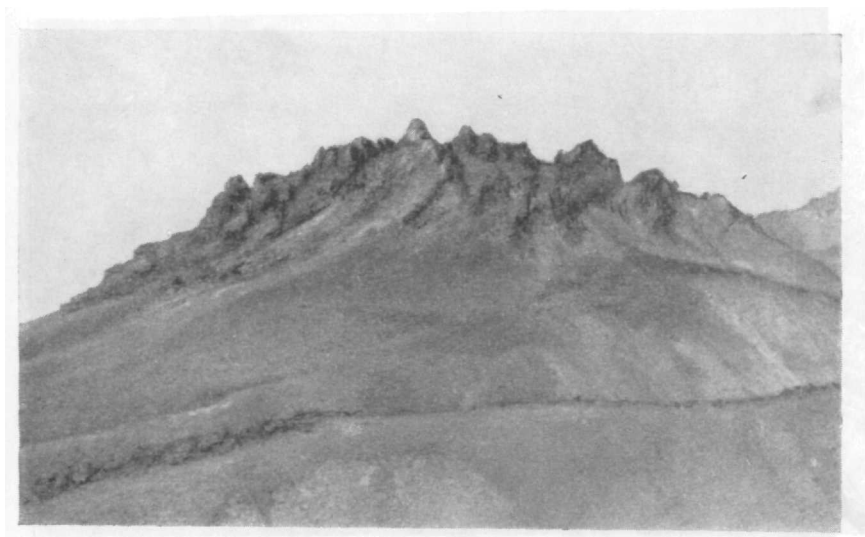


Рис. 3. Купол Шероховатый

По характеру и степени выветривания пород, слагающих экструзивные куполы, а также по сохранности самих морфологических форм куполов можно в какой-то мере судить о возрастной последовательности в их образовании. Первоначально, видимо, образовался Юго-восточный купол, а затем уже шло выжимание куполов Восточного и Шероховатого. Последний, вероятно, образовался несколько позднее первого.

Таблица 1

Литологический состав морены второго оледенения (в %)

Породы	1	2	3	4
Андезито-базальт	32	24	27	21
Гиперстенный андезит	26	52	41	48
Двупироксеновый андезит	34	20	27	26
Роговообманковый андезит	2(?)	—	—	—
Прочие породы	6	4	5	5

Механизм образования куполов. Вряд ли можно согласиться с предположением Б. И. Пийпа о связи куполов Большой Удины с межпластовыми инъекциями, сделанным им, вероятно, по аналогии с геологическим положением куполов вулкана Большая Зими́на, а также и связи с наличием межпластовой экструзии на северном склоне Большой Удины. Как это видно из описания Б. И. Пийпа, на Большой Зимине мы плюем дело не с межпластовыми инъекциями, переходящими в куполы, а с попутным боковым внедрением лавы в старые слои вулкана при подъеме её на поверхность. Что же касается межпластовой экструзии Большой Удины, то она, по всей вероятности, представляет собой обычный лавовый поток, не отличающийся от окружающих пород.

По характеру образования, насколько это удалось установить, экструзивные куполы Большой Удины более всего отвечают эндогенным куполам напора по классификации Лейдена (Leyden). Наличие вертикальной столбчатой отдельности на вершинах куполов, радиальных систем трещин, следов вертикального течения и сама морфология куполов — все это дает основание предполагать, что куполы образовались путем выжимания



Рис. 4. Поверхность купола Южного

вязкой лавы из вертикальных каналов. На это же указывает и явная приуроченность куполов к разломам. Так, купол Восточный расположен в зоне разлома, простирающегося под вулканами Малая и Большая Удины и далее на северо-запад к вулканам Плоский и Острый Толбачик. Куполы Юго-восточный и Шероховатый тяготеют к тектоническому нарушению северо-западного простиранья, прослеживающегося к югу от Удинской вулканической группы, а купол Южный — к северо-восточному разлому, тянущемуся от вулкана Большая Зимица к Большой Удине и далее на юг.

Не оправдалось также и предположение Б. И. Пийпа о связи пемз, встречающихся к югу и северу от вулкана Большая Удина, с образованием куполов, так как пемзы имеют доледниковый возраст. Последний хорошо устанавливается в разрезах по правому борту реки Толбачик, в которых пемзовые прослои перекрыты мореной второго оледенения.

Петрографическое описание. Куполы Большой Удины сложены однообразными роговообманковыми андезитами светло-серого, розоватого и желтоватого цвета.

Под микроскопом роговообманковые андезиты представляют собой породу с хорошо выраженной порфировой, реже серийнопорфировой струк-

Таблица 2 Количественное содержание составных частей роговообманковых андезитов (в объемн. %)

Компоненты пород	Обр. 1	Обр. 86
Вкрапленники:		
плагиоклаз	31,85	29,90
роговая обманка . . .	5,70	6,21
пироксен	3,37	3,26
магнетит . . .	2,09	2,33
Основная масса	59,99	59,30

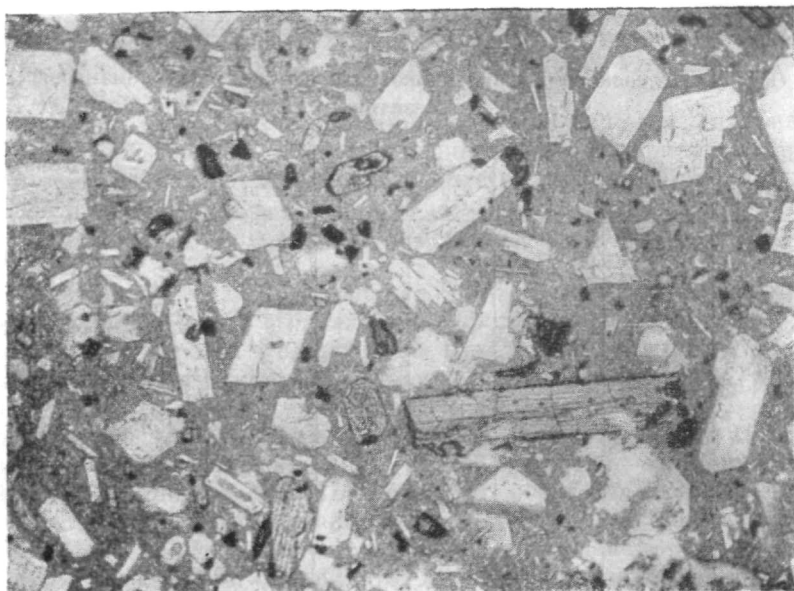


Рис. 5. Роговообманковый андезит купола Шероховатого, $\times 30$; николи параллельны

турой (рис. 5). Вкрапленники составляют около 40% всей породы и сложены плагиоклазом, роговой обманкой и гиперстеном. В небольшом количестве присутствует авгит. Количественно-минералогические соотношения и роговообманковых андезитах следующие (табл. 2).

П л а г и о к л а з . Наиболее распространены зерна плагиоклаза таблитчатой формы, мелкие кристаллы имеют лейстовидную форму. Некоторые кристаллы достигают 1,5–2 мм в длину, но преобладают зерна размером от 0,6 до 0,8 мм. В крупных кристаллах встречаются иногда прозрачные включения стекла каплевидной формы, располагающиеся в центральной части зерна или образующие краевую кайму шириной от 0,01 до 0,03 мм. Плагиоклаз большей частью чистый, ограничения четкие, следы коррозий и оплавления отсутствуют. Зональные кристаллы редки, зональность в них прямая. О составе плагиоклаза можно судить по данным табл. 3.

Как мы видим из табл. 3, плагиоклаз отвечает основному андезину или лабрадору (48–59).

Роговая обманка образует удлиненные шестоватые призмы длиной 1,2–0,8 мм с хорошо выраженной спайностью по (110). Наблюдаются поперечные разрезы с гранями призмы. Такие зерна имеют значительно меньшие размеры (0,3–0,5 мм). Встречаются зональные кристаллы обычно с более бурым ядром. По своим оптическим свойствам роговая обманка относится к разряду базальтических. Хорошо выражен плеохроизм от красновато-бурого по Ng до бледно-буровато-желтого по Np. Показатель преломления Ng = 1,754; Np = 1,690; двупреломление Ng – Np около 0,064.

Данные замеров оптических констант роговых обманок даны в табл. 4. Зерна роговой обманки обладают хорошо выраженным идиоморфизмом.

Иногда роговая обманка образует пойкилитовые вростки в зернах плагиоклаза. Большинство зерен роговой обманки диссоциировано в краевых частях с образованием магнетита. Наблюдаются почти полные псевдоморфозы рудного минерала по роговой обманке. В ряде случаев диссоциация сопровождалась образованием не только магнетита, но также гиперстена и ксеноморфного плагиоклаза.

Оптические свойства вкрапленников плагиоклаза роговообманковых андезитов

№ образца	λ_p°	λ_m°	λ_g°	φ_p°	φ_m°	% An	Двойниковый закон
1	71		—	—	24	55	(010)
	—		26	16	—	54	То же
75	—		—	—	25	52	»
	—	—	17	—	30	54	»
54	75		—	—	33	51	»
	28	—	—	—	23	48	[001]
	—	—	70	—	28	52	То же
55	—	—	17	—	30	53	(010)
	—	—	43	58	—	53	[001]
<i>Ядро кристалла</i>							
31		70	—	10		48	(010)
<i>Периферия кристалла</i>							
	81	—	—	—	28	45	То же
86	—	—	15	—	24	51	»
	—	—	40	—	46	52	(001)
	35	—	—	—	23	55	[001]
	—	—	38	20	—	58	(010)
88	—	—	20	15	—	54	(010)
	74	—	—	—	22	51	То же
	58	—	—	—	45	52	[001]

Гиперстен количественно несколько уступает роговой обманке. Призматические разрезы его достигают 0,8—1 мм в длину, но преобладают зерна размером от 0,2 до 0,5 мм. Встречаются крестовидные двойники (образец 31). Плеохроизм ясный, от розового по Np до светло-зеленого по Ng. Часто зерна гиперстена окружены тонкой опацитовой каемкой. $2V = (-62^\circ) - (-65^\circ)$. Показатель преломления $N_g = 1,714$, $N_p = 1,702$. Двупреломление $N_g - N_p = 0,011 - 0,012$. Все эти данные отвечают составу гиперстена с содержанием 40% FeSiO₃. Некоторые зерна гиперстена повсеместно или только в краевых частях имеют ярко-бурую окраску.

Таблица 4

Оптические свойства роговых обманок

№ образца	2V	c:Ng	Число выходов оптических осей	№ образца	2V	c:Ng	Число выходов оптических осей
1	а) —71	9—16	По 2 осям	57	а) —74	8—11	По 2
	б) —70		То же		б) —74		осям
	с) ядро —71 край —77		»	»	86		а) —72 —76
34	а) —76	7—9	По 2 осям			5—10	Но 1 оси
	б) —75		То же				» » »

Авгит встречается сравнительно редко. Это короткостолбчатые кристаллы размером 0,3—0,5 мм. Оптические свойства его: $2V = 50 - 52^\circ$; $C : Ng = 32^\circ$; плеохроизм слабый.

Магнетит наблюдается преимущественно в виде неправильных изометрических зерен, реже — в хорошо ограненных октаэдрических кристаллах, размером от 0,08 до 0,4 мм. Магнетит входит в опацитовые каемки амфиболов и пироксенов, а также в виде мелкой сыпи усеивает основную массу. Крупные кристаллы магнетита обычно сосредоточены вблизи зерен гиперстена.

Основная масса представляет собой прозрачное бесцветное иногда светло-кремовое стекло с показателем преломления около 1,525, в котором заключены микролиты плагиоклаза (до 20—40 μ в длину), очень редкие длиннопризматические зерна пироксена и мелкая сыпь магнетита (2—5 μ).

В ряде шлифов (31,32) в основной массе обнаружены длинные, почти шестоватые зернышки красно-бурого цвета, аналогичные по окраске окисленной кайме ортопироксенов. По форме и окраске они очень напоминают роговую обманку. Однако детальное исследование их показало, что это гиперстен. Подобное изменение ортопироксена под действием высокой температуры отмечает А. Н. Заварицкий (1931) в роговообманковых андезитах «Седла» на Центральном долу.

Таблица 5

Оптические свойства микролитов плагиоклаза

Номер образца	λ_p°	λ_m°	λ_g°	φ_p°	φ_m°	% An	Двойниковый закон
1	77	—	—	—	26	50	(010)
	—	—	21	13	—	49	То же
	—	—	26	12	—	49	»
32	—	—	35	5	—	45	»
	75	—	—	—	21	50	»
	—	—	49	45	—	48	[010]
57	—	—	47	19	—	54	RS
	—	—	39	17	—	57	(010)
	—	—	13	—	22	50	То же
	—	—	65	—	40	48	»
86	—	—	33	11	—	50	»
	—	63	—	12	—	50	»
	—	—	18	—	20	54	»
	—	—	25	10	—	48	»

Микролиты плагиоклаза в зоне $\perp(100)$ имеют угол погасания от 24 до 32°, что отвечает содержанию 44—55% An. (табл. 5). Таким образом, микролиты по составу отличаются от фенокристаллов всего на 5—8% An. Микролиты располагаются в стекле беспорядочно.

В стекле содержатся обильные кристаллиты в форме длинных палочек (лонгулиты). В некоторых образцах стекло местами ожелезнено.

Структура основной массы гиалопилитовая, реже — пилотакситовая.

Гомеогенные включения. Встреченные в экструзивных лавах гомеогенные включения могут быть разделены на несколько типов.

1. Небольшие включения овальной формы, несколько отличающиеся по цвету и зернистости от вмещающей породы. По составу они в основном аналогичны вмещающей породе. Это порфировая порода с вкрапленниками плагиоклаза, роговой обманки, гиперстена и магнетита. В отличие от вме-

Таблица 6

Химический состав роговообманковых андезитов (в об. %)

Компоненты	Образец 1	Образец 32	Образец 86
SiO ₂	61,40	60,30	62,91
TiO ₂	0,37	0,81	0,49
Al ₂ O ₃	16,41	19,14	17,12
Fe ₂ O ₃	4,85	3,73	4,91
FeO	2,89	2,90	1,97
MnO	0,32	0,14	0,24
MgO	2,56	2,66	1,91
CaO	7,40	6,10	5,62
Na ₂ O	2,89	3,03	2,44
K ₂ O	1,22	1,50	1,42
H ₂ O-	0,06	0,27	0,24
H ₂ O+	0,12	—	0,94
Сумма	100,49	100,58	100,21

Числовые характеристики по А. Н. Заварицкому

<i>a</i>	8	9	7
<i>c</i>	7	8	7
<i>b</i>	13	12	12
<i>s</i>	72	71	74
<i>a</i> ¹	—	14	16
<i>f</i> ¹	52	48	54
<i>m</i> ¹	32	36	28
<i>c</i> ¹	15		
<i>n</i>	78	75	72
<i>t</i>	0,4	0,9	0,5
<i>φ</i>	30	25	36

Образец 1—андезит из Юго-Восточного купола, аналитик Скорохова В. С.

Образец 32— андезит из Восточного купола, аналитик Никитина И. Б.

Образец 86— андезит из Южного купола, аналитик Скорохова В. С.

тающей породы, где гиперстен свежий, здесь он несколько ожелезнен, особенно по трещинкам и в краевых частях. Интенсивнее опацифицирована роговая обманка. Структура основной массы более мелкозернистая, стекло слабо ожелезнено.

2. Другие включения по форме, размерам и минеральному составу подобны включениям первого типа. Порфиристая структура в этих включениях выражена слабо. Основная масса сложена сеткой беспорядочно ориентированных правильных лейст плагиоклаза одинакового размера (150—200 мк), в промежутках между которыми заключены мелкие призмы гиперстена и зерна магнетита. Стекла много, оно светло-кремовое, свежее и без кристаллитов.

3. Включения овальной формы до 3—4 см в диаметре, сложенные полнокристаллической породой, состоящей из плагиоклаза, роговой обманки, гиперстена и многочисленных зерен магнетита. Структура близка к панидиоморфнозернистой. В промежутках между кристаллами очень мало буроватого прозрачного стекла.

4. Нередко встречаются зональные включения. Одно из таких включений, размером 5X7 см, было найдено в роговообманковых андезитах Восточного купола. Внешняя зона включения сложена сильно стекловатой породой с отдельными кристаллами плагиоклаза и гиперстена. Роговая обманка отсутствует. Гиперстен красно-бурого цвета, аналогичный указанному выше. Далее к центру включения гиперстен исчезает, появляется роговая обманка, зерна которой вытянуты параллельно границе включения. Центральная часть включения представляет собой агрегат, состоящий из беспорядочно ориентированных зерен плагиоклаза, гиперстена и в меньшем количестве — роговой обманки. На контакте включения с вмещающей породой имеется очень тонкий прослой свежих кристаллов плагиоклаза и роговой обманки.

5. Включения неправильной формы и значительных размеров (1 X 2 м), состоят из агрегата таблитчатых зерен плагиоклаза и шестоватых кристаллов частично опациitized роговой обманки. Плагиоклаз содержит обильные включения стекла. Роговая обманка кристаллизовалась, видимо, в начальную стадию, так как во многих случаях она оказалась включенной в зерна плагиоклаза. Гиперстен присутствует в виде длинных ярко-бурых неплеохроичных зерен. Стекла мало.

6. Крупные включения до 10 см в поперечнике, сложенные значительными по размеру зернами роговой обманки до 1,5–2 см длиной, между которыми расположены зерна плагиоклаза и магнетита; последние имеют подчиненное значение. Граница включения с вмещающей породой резкая.

Для всех гомеогенных включений, в отличие от вмещающих пород, характерно присутствие в них совершенно прозрачного нераскристаллизованного стекла, тогда как стекло в основной породе содержит обильные кристаллиты самой различной формы.

Химический состав. Результаты химических анализов роговообманковых андезитов даны в табл. 6.

Химический состав роговообманковых андезитов характерен несколько повышенной известковистостью (близок к типу Пеле), а также низким содержанием щелочей по сравнению со средним андезитом по Дэли. Пересыщенность андезитов куполов Восточного и Южного глиноземом согласуется с присутствием в этих лавах модальной роговой обманки.

В виртуальных составах лав куполов содержится значительное количество свободной кремнекислоты (до 28%). Отношение $\frac{an}{an + as}$, полученное из виртуальных составов, равно 53–57%, что соответствует составу модального плагиоклаза (табл. 7).

Таблица 7

Виртуальные составы лав куполов

№ образца	il	or	ab	an	mt	hm	C	di			hy		Q	Сумма
								wo	en	fs	en	fs		
1	0,61	7,24	24,64	27,81	6,95			3,60	2,81	0,40	3,61	0,40	21,6	99,67
32	1,52	8,90	25,69	30,32	5,33		1,33				6,63	0,92	19,2	99,84
86	0,91	8,35	20,45	27,81	4,86	1,44	1,43				4,76		28,8	98,77

Спектральным анализом¹ в андезитах куполов были определены следующие элементы: Cu ($n \cdot 10^{-4}$); Ni не во всех образцах (слабые и очень слабые линии), Co (следы); Ba (средние линии); Sr (следы); Sg (слабые линии); Zr (следы); Pb не во всех образцах (следы).

¹ Спектральные анализы были выполнены О. Г. Борисовым на Камчатской Вулканогеологической станции АН СССР.

Образование экструзивных куполов Большой Удины явилось завершающим этапом вулканической деятельности на юго-восточной окраине Ключевского дола. Об умеренных масштабах этой деятельности свидетельствуют небольшие объемы куполов (табл. 8), в совокупности составляющие

Таблица 8

Площадь распространения и объем экструзивных куполов вулкана Большая Удина

Купол	Площадь, км ²	Объем, км ³
Юго-восточный	0,4	0,016
Шероховатый	0,5	0,025
Восточный	0,5	0,033
Южный	2,67	0,36
Итого.	4,07	0,43

около 2% от суммарного объема вулканических продуктов Большой Удины.

Даже при беглом сравнении экструзивных образований Большой Удины с другими экструзиями Ключевского дола, описанными Б. И. Пийпом (1956), Богоявленской (1957, 1960), обращает внимание их морфологическое сходство, исключительная близость химического состава и петрографических характеристик и одинаковый послеледниковый возраст. Перечисленные обстоятельства позволяют высказать предположение о существовании еще в послеледниковую эпоху, по крайней мере в южной части Ключевского дола, единого магматического очага, деятельность которого на последней стадии его существования проявилась в общей почти для всего Ключевского дола форме — выжимании экструзий роговообманковых андезитов.

ЛИТЕРАТУРА

Богоявленская Г. Е. Вулкан Безымянный и его экструзивные образования. Бюлл. Камчатской вулканол. ст., № 26, 1957.
 Богоявленская Г. Е. Вулкан Безымянный на Камчатке и его агломератовый поток. Труды Лаб. вулканол., вып. 18, 1960.
 Влодавец В. И. Ключевская группа вулканов. Труды Лаб. вулканол., вып. 1 1940.
 Заварицкий А. Н. Некоторые вулканические породы окрестностей Ключевской сопки на Камчатке. Зап. Минерал. об-ва, ч. 60, № 2, 1931.
 Заварицкий А. Н. Северная группа вулканов Камчатки. Труды Совета по изучению производительных сил АН СССР. сер. Камчатская, вып. 1, 1985.
 Конради С. А. Доклад о работах южного подотдела Камчатской экспедиции. Изв. Гос. русск. геогр. об-ва, вып. 1, 1925.
 Пийп Б. И. Ключевская сопка и ее извержения в 1944—1945 гг. и в прошлом. Труды Лаб. вулканол., вып. 11, 1956.
 Устинова Т. И. Вулкан Гамчен. Бюлл. Камчатской вулканол. ст., № 21, 1954.
 Leyden F., von. Staukuppen und verwandte Bildungen. Ein Beitrag zur vulkanologischen systematik auf genetischer Grundlage. Zs. Vulkanologi, Bd 16, N 4, 1936.