

Т. Ю. МАРЕНИНА

## ВУЛКАН ОПАЛА НА КАМЧАТКЕ

Вулкан Опала расположен в южной части Камчатки несколько ближе к западному побережью полуострова. Ребристый конус Опалы (рис. 1), рассеченный крутыми ущельями, поднимается к югу от залесенной долины р. Толмачевой, на высоком лавовом подножье, уступ которого с северной стороны прорезан узкими скалистыми ущельями. Вулкан Опала имеет высоту 2475 м и принадлежит к числу крупнейших вулканов южной Камчатки. В ясную погоду конус вулкана виден издали как со стороны Тихого океана, так и со стороны Охотского моря. Для моряков, плавающих в Охотском море, вулкан Опала является своего рода «барометром»; появление на его вершине облачной шапки служит указанием приближения непогоды.

Первые сведения о геологическом строении вулкана Опала получены экспедицией Русского географического общества 1908—1910 гг., геологический отдел которой под руководством геолога С. Конради исследовал Опалу. С тех пор геологи не посещали вулкан вплоть до 1953 г.

Имеются литературные указания о том, что в XVIII в. вулкан Опала еще сохранял следы вулканической активности в виде фумарол, расположенных у его южных склонов, однако в 1953 г. фумарол на вулкане не было обнаружено.

Геологическое строение вулкана Опала и его кальдеры. Вулкан Опала расположен в районе погружения к югу от горст-антиклинория Срединного Камчатского хребта. Горная система Срединного хребта сменяется здесь низменностями и четвертичными лавовыми плоскогорьями, в основании которых в нижнем течении р. Лево́й Саваны, по данным О. Н. Толстихина, выходят верхнетретичные прибрежно-морские и озерно-лагунные отложения.

Вулканическая деятельность охватила обширные пространства района в связи с его общим поднятием на границе третичного и четвертичного времени, когда Срединный хребет являлся берегом суши, а в районе вулкана Опала было море.

Вначале вулканические излияния были близки по типу к площадным. При этом образовались лавовые плато и крупные вулканические нагорья типа щитообразных вулканов (вулкан Ипелька); нагорья, в которых расположены кальдеры сопки Опалы, вулкана Горелого и др. В дальнейшем в последледниковое время (голоцен) в этих обширных кальдерах возникли крупные конусовидные стратовулканы — Опала, Горелый, Ходутка и др.

Громадная кальдера вулкана Опала размером 12x11 км расположена на вершине щитообразного вулкана, имеющего диаметр до 20 км. Конус вулкана Опала помещается эксцентрично в северной части кальдеры (рис. 2, 3), северные склоны его опираются на поверхность вулка-



Рис. 1. Вулкан Опала. Вид с востока

нического нагорья. Кальдера хорошо очерчена обрывистыми уступами, здесь выходят потоки базальта и андезита, имеющие пологое перн-клинальное падение.

Кальдера охватывает полукольцом южное подножье Опалы; западный ее уступ подходит вплотную к западным склонам вулкана и перекрывается мощными потоками андезитов, спустившихся с вулкана.

К югу от вулкана Опалы в живописной котловине кальдеры раскинулись пышные луга, окаймленные со стороны склонов вулкана лесом. В южной части этой котловины протекает река Опала. Вдоль ее долины тянется лесная полоса, прерываемая болотистыми безлесными участками.

Река Опала попадает в кальдеру с востока, прорезая узкое ущелье в ее стенке. В кальдере течение реки спокойно, но далее на юго-западе, при выходе из нее река превращается в бурный пенящийся поток, вырывающийся сквозь узкое ущелье в склоне кальдеры. В южной части кальдеры, по сторонам долины р. Опалы, возвышаются два крупных побочных лавовых массива — Усередис и Левобережный.

Уступы северо-восточной части кальдеры сложены потоками оливнивого базальта с мелкими выделениями плагиоклаза, хорошо различимыми в лупу.

Под микроскопом видны мелкие вкрапленники оливина (15—20%) и, реже, плагиоклаза в пилотакситовой основной массе, ориентированные согласно с общей направленностью микролитов основной массы.

Фенокристаллы оливина образуют мелкие (0,2—0,3 мм) боченкообразные и призматические кристаллы с заостренными концевыми гранями, разбитые трещинами отдельности, в различной степени опациitized. Наряду с совершенно прозрачными зернами наблюдается большое количество значительно измененных зерен красновато-бурого цвета. Опацизация распространена равномерно по всему зерну или же вокруг зерен наблюдается только бурая каемка.

По величине угла оптических осей,  $2V = +89^\circ$  и двупреломлению  $N_g - N_p = 0,034$  оливин относится к магнезиальным хризолитам с 10 % Fa.

Фенокристаллы плагиоклаза образуют весьма редкие таблитчатые зерна (0,3—0,4 до 1 мм) с большим количеством стекловатых каплевидных включений. Наблюдаются грубые полисинтетические двойники.

Основная масса сложена микролитами плагиоклаза, между которыми зажаты скопления гранул моноклинного пироксена и мелких рудных зерен.



Рис. 2. Плановый аэрофотоснимок вулкана Опала и его кальдеры

Микролиты плагиоклаза имеют ориентированное расположение, представляют собой брусочки, тонкие длинные игольчатые палочки, местами близкие к лейстам.

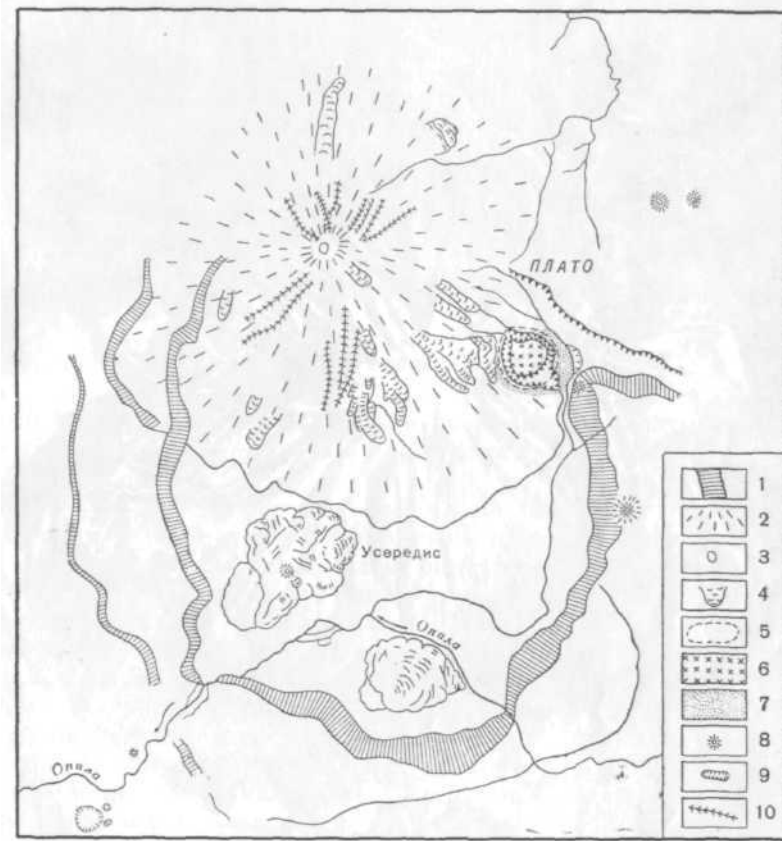


Рис. 3. Схема строения вулкана Опала (по А. Е. Святловскому)

1 — уступы кальдеры; 2 — склоны вулкана Опала; 3 — разрушенный конус вулкана Опала; 4 — последние лавовые потоки; 5 — воронка взрыва «Бараний амфитеатр»; 6 — экструзивный купол; 7 — пемзовые отложения вокруг воронки взрыва; 8 — шлаковые в лавовые конусы; 9 — маары; 10 — барранкосы

В разностях, имеющих серийно-порфировую структуру, встречаются крупные микролиты плагиоклаза (табл. 1), близкие по размерам к фенокристаллам. Между микролитами плагиоклаза заключены многочисленные мельчайшие гранулы авгита и изредка гиперстена, а также более крупные рудные зерна, образующие часто сростания с оливином.

Таблица 1

Оптические свойства плагиоклаза

№ шд.	Координаты двойниковой оси			Закон двойни-кования	Ап. %	Примечание
	Ng	BNm	B			
147	37°	62,5°	68°	⊥ (010)	68	Вкрапленник
136	35	62	73	⊥ (010)	64	»
80 <sup>а</sup>	37	65	65	⊥ (010)	75	Ядро зонального кристалла

Конус Опалы сложен мощными потоками андезита и пирокластическим материалом. В склонах барранкосов видно переслаивание лавовых потоков с вулканическими брекчиями, туфами и пеплом.

Конус сложен главным образом наиболее распространенной лавой Опалы — дупироксеновыми андезитами; в основании вулкана залегают основные оливин-содержащие андезиты, а вершина, в особенности вершинный лавовый поток и боковая экструзия состоят из кислых лав, излияния которых сопровождалась взрывной деятельностью и выбросом громадных масс пемзовых песков из побочных кратеров.

Дупироксеновые андезиты слагают вулкан в его кальдере. По внешнему виду это серые и коричневые породы, пористые или плотные с мелкими включениями. В верхних частях потоков андезиты более плотны, чем в нижних. Под микроскопом в них наблюдается до 40 % порфиновых выделений плагиоклаза, пироксенов и магнетита в довольно грубой гиалопилитовой или пилитотакситовой, часто флюидалной основной массе.

Плагиоклаз образует широкие таблицы, крупные призмы и их сростки, а также многочисленные более мелкие призматические кристаллы (0,3—0,5 мм). Зерна прозрачны, незначительно трещиноваты. По составу плагиоклаз относится к андезину, кислому и среднему лабрадору (табл. 2).

Таблица 2

Оптические свойства плагиоклаза						
№ шл.	Координаты двойниковой оси			Закон двойниковаия	Ап. %	Примечание
	BNg	BNm	BNp			
142	24°	68°	84,5°	⊥ (010)	45	Вкрапленник
137	35	57	80	⊥ (010)	52	»
138	63	67	36	[001]	58	»

Моноклинный пироксен образует небольшие идиоморфные зерна, в которых грани призмы развиты одинаково с гранями пинакоидов. Окрашен в слабозеленоватый цвет. По оптическим свойствам относится к авгитам, богатым кальцием.  $2V = 56^\circ$ ;  $cNg = 38^\circ$ ;  $Ng - Np = 0,031$ ;  $Wo38$ ,  $En 44$ ,  $Fs 18$ . Гиперстен встречается в виде мелких удлиненных призмочек, заметен слабый плеохроизм: по Ng — зеленоватый, по Np — бесцветный. Обладает оптическими свойствами  $2V = -64^\circ$ ;  $Ng - Np = 0,012$ .

Основная масса однообразна, сложена тонкими микролитами плагиоклаза, гранулами пироксена и мелкими рудными зернами, погруженными в переменное количество светло-бурого стекла. Местами последнее преобладает над раскристаллизованной частью пород.

В табл. 3 сведены результаты химического анализа.

Дупироксеновый андезит Опалы пересыщен кремнеземом,  $Q = +7,1$ , но в меньшей степени, чем средний андезит по Дэли ( $Q = +12,4$ ).

В нормативном составе присутствует кварц вместо гиперстена (также вместо авгита, вероятно, присутствует диопсид), присутствующего в нормальном составе лав. Лава несколько кислее по составу, чем средний андезит (60,5%  $SiO_2$ ), но по содержанию кремнезема не выходит за пределы норм (57—62 %), данных Ф. Ю. Левинсон-Лессингом (1952а). От среднего андезита Дэли породы отличаются более высоким содержанием щелочей ( $Na_2O - 5,04$ ;  $K_2O - 1,97$ ), что отражено в нормативном составе появлением ортоклаза.

Сравнительная таблица химических составов

Оксиды	Двупироксеновый андезит вулкана Опала (обр. 74)		Андезит (средний), по Дэли	
	вес. %	молекуляр- ное количе- ство	вес. %	молекуляр- ное количе- ство
SiO <sub>2</sub> . . . . .	60,50	1007	59,59	992
TiO <sub>2</sub> . . . . .	0,80	010	0,77	010
Al <sub>2</sub> O <sub>2</sub> . . . . .	16,90	166	17,31	170
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	3,99	025	3,33	021
FeO . . . . .	2,66	037	3,13	043
MnO . . . . .	0,16	002	0,18	003
MgO . . . . .	2,34	057	2,75	068
CaO . . . . .	5,34	095	5,80	103
Na <sub>2</sub> O . . . . .	5,04	081	3,58	058
K <sub>2</sub> O . . . . .	1,97	021	2,04	021
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup> . . . . .	0,03	—	} 1,26	} 125
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup> . . . . .	0,34	—		
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0,30	002	0,26	002
Сумма	100,37	—	100,00	—

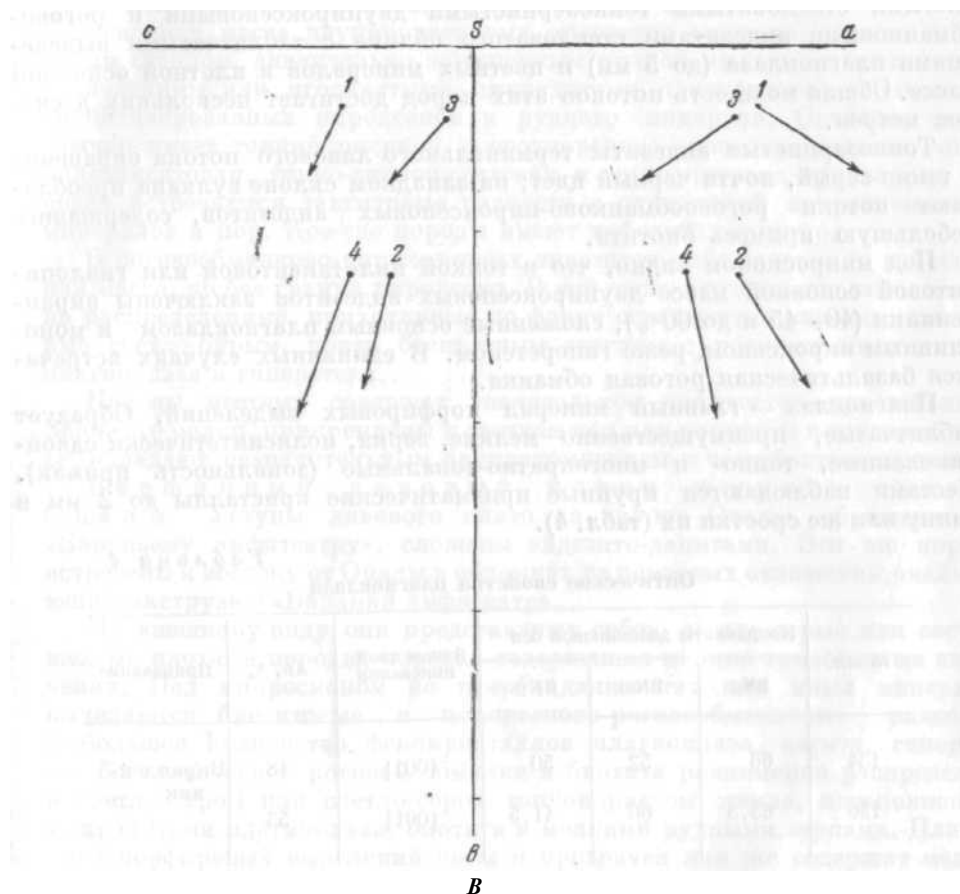
## Числовые характеристики (по методу А. Н. Заварицкого)

Порода	a	c	b	s	Q	f'	m'	c'	n	t	φ	a/c
Двупироксеновый андезит Опала . . . . .	13,9	4,3	12,2	69,6	+7,1	50,3	32,2	17,5	69,8	0,9	28	32
Средний андезит, по Дэли . . . . .	11,1	6,4	12,0	70,5	+12,4	51,8	40,6	7,6	75,3	1,0	24,7	1,7

## Нормативный состав

Порода	ap	il	ml	or	Плагиоклаз		di			Q	hy
					ab	an	wo	en	fs		
Двупироксеновый андезит . . . . .	0,67	1,52	5,79	11,69	42,47	17,80	2,90	2,31	0,26	10,99	3,41
Средний андезит, по Дэли . . . . .	0,67	1,52	4,86	11,69	30,41	25,31	0,70	0,40	0,26	15,02	7,74

На диаграмме химических составов (рис. 4) видны особенности состава андезитов Опалы, позволяющие также сравнить их со средним андезитом Дэли.



**В**

Рис. 4. Диаграмма химических составов пород (по А. Н. Заварицкому). 1 — липарит Опалы; 2 — двупироксеновый андезит Опалы; 3 — средний риолит; 4 — средний андезит

Большая удаленность фигуративной точки андезита Опалы от линии *SB*, чем у среднего андезита, характеризует собою более высокую щелочность первой породы. Известковистость породы низкая, так как векторы расположены довольно далеко от линии *SB*.

Под микроскопом основные оливин-содержащие андезиты представляют собой порфиоровые породы с фенокристаллами плагиоклаза, оливина и авгита в гиацинтовидной или реже пилотакситовой основной массе.

Плагиоклаз образует крупные призмы, свежие с мелкими выделениями стекла, оливин — редкие мелкие боченкообразные зерна, изредка по трещинкам замещенные бурым идингситом.

Судя по величине  $2V = 87^\circ$ , оливин принадлежит к бедным железом хризолитам (21% *Fa*).

Авгит встречается в виде короткостолбчатых зерен, за редкими исключениями свежих и прозрачных.

Основная масса, богатая гранулами авгита, часто непроницаемо черная, вследствие замещения ее мелкими рудными зернами. Шлак этого андезита сложен сильно пористым темно-коричневым или черным

стеклом, в котором изредка видны гломеропорфиновые скопления авгита и плагиоклаза, переполненного мелкими включениями стекла.

Ущелья западного и восточного склонов Опапы сложены крупнопористыми стекловатыми тонкозернистыми двупироксеновыми и роговообманковыми андезитами стекловатого облика с таблитчатыми выделениями плагиоклаза (до 5 мм) и цветных минералов в плотной основной массе. Общая мощность потоков этих пород достигает нескольких десятков метров.

Тонкозернистые андезиты терминального лавового потока окрашены в темно-серый, почти черный цвет; на западном склоне вулкана преобладают потоки роговообманково-пироксеновых андезитов, содержащих небольшую примесь биотита.

Под микроскопом видно, что в тонкой пилотакситовой или гиалопилитовой основной массе двупироксеновых андезитов заключены вкрапленники (40—45 и до 60%), сложенные основным плагиоклазом и моноклинным пироксеном, реже гиперстеном. В единичных случаях встречается базальтическая роговая обманка.

Плагиоклаз — главный минерал порфировых выделений. Образует таблитчатые, преимущественно мелкие, зерна, полисинтетически сдвоенные, тонко- и многократно-зональные (зональность прямая). Местами наблюдаются крупные призматические кристаллы до 2 мм в длину или же сростки их (табл. 4).

Таблица 4

**Оптические свойства плагиоклаза**

№ шл.	Координаты двойниковой оси			Закон двойнико- вания	Ап, %	Примечание
	BNg	BNm	BNp			
134	66	52	50	[001]	48	Вкраплен- ник »
130	65,5	60	41,5	[001]	53	

Плагиоклаз обычно переполнен мелкими точечными и капельными включениями стекла, расположенными параллельно контурам кристаллов, а также включениями рудной пыли. Местами в плагиоклазе наблюдаются тонкие прожилки опала.

Моноклинный авгит обычно наблюдается в виде мелких призматических кристаллов и поперечных разрезов; значительно реже образует крупные призмы. Зерна свежие, бледно-зеленой окраски. Обычно моноклинный пироксен резко преобладает над гиперстеном. В моноклинном пироксене часты вроски магнетита. Оптические свойства его следующие:  $cNg = 45-48^\circ$ ;  $2V = +59-60^\circ$ .

Гиперстен образует крупные удлиненные призмы, разбитые поперечными трещинами отдельности, заполненные окислами железа, единичные мелкие призмочки, столбики; нередко зерна имеют оплавленные очертания.

Плеохроизм резкий: Ng — бледно-зеленый или бледно-зеленоватый, Np — розовый и густо-розовый. Часто образует сростки с мелкими рудными зернами, изредка сильно опациitized. Оптические свойства его следующие:  $cNg = 2^\circ$ ;  $2V = -65^\circ$ ;  $Ng - Np = 0,016$ .

Базальтическая роговая обманка в пироксеново-роговообманковых разностях резко преобладает, образуя призмы (до 1 мм) или же мелкие зерна (0,3—0,5 мм), в которых обычно длина в 6—8 раз превышает шири-



ну. Для роговой обманки характерны толстые опацитовые каймы или же сплошные опацитовые псевдоморфозы, имеющие форму ее кристаллов.

Биотит присутствует в виде незначительной примеси.

Основная масса двупироксеновых андезитов сложена обычно темно-серым стеклом, значительно замещенным рудной пылью с коротко-призматическими или игольчатыми микролитами плагиоклаза, зернышками опацитизированных пироксенов и рудного минерала. Основная масса обычно имеет тонкий рисунок и неоднородное строение: развита тонкопилотакситовая, тонко-гиалопилитовая и микролитовая структуры. Изредка встречаются такситовые разности с одинаковой направленностью минералов и пор. Кое-где породы имеют туфовый характер,

В роговообманково-пироксеновых андезитах наблюдается та же основная масса, но без гранул пироксена. В ней часто встречаются неравномерно распределенные, прихотливые по форме осветленные участки, сложенные светло-бурым, почти бесцветным стеклом с редкими микролитами плагиоклаза и гиперстена.

Породы местами содержат значительное количество кристобалита. Зерна его мелки, прикреплены к стенкам пор или рассеяны в основной максе, обладают незначительным двупреломлением и чешуйчатым строением.

Вершинный лавовый поток южного склона Опалы. Уступы лавового плато на склоне Опалы, обращенном к «Бараньему амфитеатру», сложены андезито-дацитами. Эти же породы встречены к востоку от Опалы в обломках из пемзовых отложений, окаймляющих экструзию «Бараний амфитеатр».

По внешнему виду они представляют собою светло-серые или светло-желтые плотные породы, изредка содержащие мелкие гомеогенные включения. Под микроскопом по преобладанию тех или иных минералов выделяются биотитовые и пироксеново-роговообманковые разности. Небольшое количество фенокристаллов плагиоклаза, авгита, гиперстена, базальтической роговой обманки и биотита равномерно распределено в светло-буром или светло-сером тонкопористом стекле, переполненном микролитами плагиоклаза, биотита и мелкими рудными зернами. Плагиоклаз порфириковых выделений свеж и прозрачен или же содержит мелкие стекловатые включения, приуроченные обычно к центральным частям кристаллов. Местами он зонален, зональность прямая (табл. 5).

Т а б л и ц а 5

**Оптические свойства плагиоклаза**

№ шл.	Координаты ДВОЙНИКОВОЙ оСИ			Закон двойникования	An, %	Примечание
	BNg	BNm	BNp			
62б	64	64	28	[001]	56	Вкрапленник
146	28	65	78	^ [010]	52	»
146	33	56	44	[001]	51	»
81	61,5	69	35,5	[001]	62	Ядро зонального кристалла

Пироксены образуют мелкие призматические зерна (0,2 — 0,3 мм), окрашенные в зеленоватый цвет, сростающиеся с рудными зернами. Гиперстен встречается в более длинных призмочках, чем авгит. Моноклинный пироксен слабо трещиноват и местами незначительно ожелезнен по трещинкам.

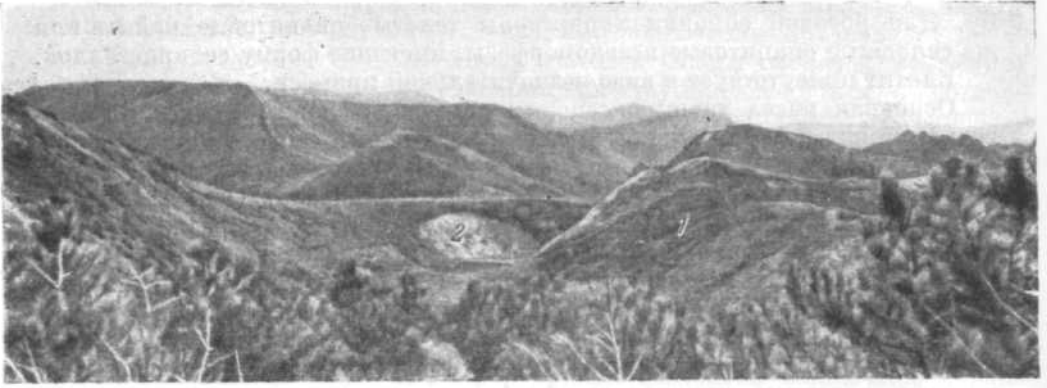


Рис. 5. «Бараний амфитеатр» — боковой кратер вулкана Опала.

1 — северный склон липаритовой экструзии «Бараний амфитеатр»; 2 — пемзовые отложения около экструзии. На заднем плане видно лавовое плато — край кальдеры вулкана Опала

Оптические свойства гиперстена: обр. 146 —  $2V = -62^\circ$ ,  $Ng - Nr = 0,015$ .  $2V = -60^\circ$ .

Оптические свойства моноклинного пироксена: обр.  $62^\circ - 2V = +40^\circ$ ,  $cNg = 45^\circ$ ; обр. 146 -  $2V = +52^\circ$ ,  $Wo 34$ ,  $En 46$ ,  $Fs 20$ .

Биотит образует широкие большие таблицы или же мелкие листочки. Иногда вокруг таблиц биотита наблюдаются узкие реакционные каемки, сложенные мелкими зернами пироксена и рудного минерала, корродирующие края таблиц биотита. Плеохроизм биотита по  $Ng$  — темно-бурый, по  $Nr$  — бурый. Основная масса сложена темно-серым стеклом тонкоаглопитовой структуры слабо и неравномерно загрязненным рудной пылью, содержащим редкие микролиты плагиоклаза в виде толстых брусочков, изредка гранулы авгита и многочисленные мелкие рудные зерна.

Часто в основной массе наблюдаются мелкие сферолиты правильной округлой формы, сложенные полевым шпатом, размер их около 0,1—0,2 мм. На стенках мелких неправильной формы пор часто прикреплены мелкие пластинки тридимита.

В породе наблюдаются участки (0,5 мм) туфового характера. Они сложены беспорядочно ориентированными зернами базальтической роговой обманки, зернами бесцветного авгита, мелкими лейстами плагиоклаза, многочисленными мелкими рудными зернами.

Экструзия «Бараний амфитеатр». У восточного подножия на склоне вулкана Опала расположен боковой кратер «Бараний амфитеатр» (рис. 5), заполненный куполовидной экструзией светлого биотитового липарита, занимающей площадь около 6 км<sup>2</sup>. «Бараний амфитеатр» лежит высоко на склоне вулкана, почти на уровне кальдеры и окаймлен с трех сторон высокими белыми обрывами мощных пемзовых отложений; от склонов вулкана отделен кольцевой долиной, проходящей частично между массивом экструзии и рыхлыми пемзовыми террасами.

Мощные лавовые потоки, спустившиеся с вершины Опалы, обрываются в эту кольцевую долину двумя крутыми уступами. Нижний уступ образует ровную террасу, на поверхности которой среди отдельных массивов кедровника выходят белые пемзовые пески. Этот уступ сложен скалистыми выступами красноватых вулканических брекчий.

Долина, огибающая с северо-запада «Бараний амфитеатр», открывается на юго-восток. Таким образом, четко видны границы большого



Рис. 6. Обсидиановая брекчия, образованная по окраине липаритовой экструзии в «Бараньем амфитеатре»

бокового кратера, в который был выдавлен экструзивный липаритовый купол.

В нижних частях западных внешних склонов купола, полого спускающихся в кольцевую, долину, выходят брекчии разламывания, сложенные крупными до 0,5 м обломками и осколками обсидиана, плотно сцементированными более мелкими обломками того же обсидиана. Среди обсидиановой брекчии встречаются мелкие обломки черного и серого стекловатого липарита.

На северных склонах долины со стороны отрогов Опалы также наблюдаются брекчии разламывания (рис. 6). На высоте 100 м над долиной выходят скалы, сложенные лавами, а также брекчиями, обломки в которых состоят из обсидиана. Внутренние части массива, а также его восточная часть сложены белым пемзовидным биотитовым липаритом. Местами наблюдаются следы выжимания вязкой лавы.

Пемза, выброшенная при взрыве, была рассеяна на много километров вокруг, образовав мощные пемзовые толщи, залегающие вокруг экструзии и на поверхности соседнего лавового плато. В восточной и юго-восточной частях склонов глубокой долины преобладают слоистые толщи мощных пемзовых отложений (более 50 м мощности).

Среди пемз встречаются глыбы дацита и липарита разных размеров с гомогенными включениями, крупные дацитовые бомбы, а также обломки обсидиана.

Обрывы пемзовых террас прослеживаются далее от массива экструзии к востоку до речки, протекающей здесь с востока и пересекающей эту часть кальдеры в южном направлении.

На южном склоне Опалы имеется еще один участок, где произошел выброс пемзы: вокруг небольшой лавовой экструзии также наблюдаются пемзовые отложения.

Таким образом, взрыв, подготовлявшийся в процессе изменения состава лав вулкана Опалы от основных андезитов к липаритам, был недо-

статочно силен, чтобы снести вершину вулканического конуса, как это произошло на Горелом, Мутновском Хангаре и многих других вулканах Камчатки,

У склонов вулкана Опалы лишь в двух участках произошел взрыв пемз и кислых экструзий, конус же остался неразрушенным.

По внешнему виду липариты представляют собой светлые пузыристые пемзовидные лавы, содержащие плагиоклаз (табл. 6) и пластинки биотита.

Таблица 6

**Оптические свойства плагиоклаза**

№ пл.	Координаты двойниковой оси			Закон двойниковогования	An, %	Примечание
	BNg	BNm	BNp			
79 <sup>a</sup>	70°	20°	84°	Манебахский	37	Вкрапленник
81	69	33	65	[001]	35	»

Под микроскопом тонкофлюидальное бесцветное стекло содержит мелкие редкие выделения плагиоклаза и пластинки биотита.

Плагиоклаз образует удлинённые таблитчатые вкрапленники, изредка их осколки; сильно трещиноват, прозрачен.

Биотит наблюдается в виде мелких редких удлинённых пластинок, ориентированных по флюидалности; плеохроизм резкий: Ng — темно-бурый, почти черный, Np — бурый.

Бесцветное низкопреломляющее стекло содержит незначительное количество микролитов плагиоклаза, имеющих общую направленность. Строение стекла неоднородно, отдельные участки кажутся серыми вследствие сгущения кристаллитов и микролитов плагиоклаза, в виде изгибающихся по флюидалности полосок. Такие участки имеют более высокий показатель преломления, чем участки, сложенные сеткой беспорядочно перепутанных крупных микролитов и мелких лейст плагиоклаза, биотита, мелких рудных зерен и бесцветного стекла, характеризующегося мелкоперлитовой текстурой.

Липарит «Бараньего амфитеатра» сильно пересыщен кремнеземом ( $Q = +30,8$ ) и является более кислым (табл.7), чем средний липарит по Дэли ( $SiO_2 = 74,2\%$ ); по содержанию кремнезема порода не выходит за пределы границ, установленных Ф. Ю. Левинсон-Лессингом (1952b) для липаритов (70—76%).

По высокому содержанию щелочей липарит «Бараньего амфитеатра» близок к среднему липариту Дэли ( $Na_2O = 4,93$ ;  $K_2O = 3,45\%$ ).

В нормативном составе это отражается в виде присутствия возможного ортоклаза.

Если сравнить химические составы липарита и андезита (рис. 4), то видно, что с повышением кислотности пород незначительно растёт и их щелочность. С повышением кислотности лавы Опалы обогащаются калием, увеличивается их железистость: на плоскости SB видно, что векторы более кислых пород выполаживаются и несколько укорачиваются. Длинные векторы более основных лав Опалы — авгитовых андезитов — говорят о бедности железом. Изменение наклона векторов на близкий к вертикальному, вероятно, связано с появлением в андезите ромбического пироксена.

Сравнительная таблица химических составов

Оксиды	Липарит «Бараньего амфитеатра» (обр. 78)		Средний липарит, по Дэли	
	вес, %	молекулярное количество	вес, %	молекулярное количество
SiO <sub>2</sub> . . . . .	74,20	1235,6	72,80	1212
TiO <sub>2</sub> . . . . .	0,19	3	0,33	4
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	13,05	128	13,49	132
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	1,22	7	1,45	9
FeO . . . . .	0,92	12	0,88	12
MnO . . . . .	0,10	1	0,08	1
MgO . . . . .	0,39	10	0,38	9
CaO . . . . .	1,55	28	1,20	21
Na <sub>2</sub> O . . . . .	4,93	79	3,38	55
K <sub>2</sub> O . . . . .	3,45	36	4,46	48
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup> . . . . .	0,02	25	—	—
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup> . . . . .	0,42	—	1,47	—
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0,04	—	0,08	—
Сумма	100,48	—	100,00	—

Аналитик В. П. Энман.

## Числовые характеристики, по А. Н. Заварицкому

Порода	a	c	b	s	a'	f'	m'	c'	n	t	φ	Q	a/c
Липарит «Бараний амфитеатр» . . . . .	15,0	0,8	3,4	80,8	—	52	19,2	29	69	—	270	308	18,8
Средний липарит, по Дэли . . . . .	13,8	1,4	3,8	81,0	27,6	55,2	17,2	—	53,4	0,3	310	330	9,8

## Нормативный состав

Порода	il	or	ab	an	ml	di			cs	hy	Q	c
						wo	en	fs				
Липарит «Бараний амфитеатр» . . . . .	0,45	20,59	41,42	3,34	1,62	1,39	1,00	0,26	0,69	—	29,40	—
Средний риолит, по Дэли . . . . .	0,61	26,71	28,84	5,84	1,86	—	—	—	0,16	0,90	32,40	0,82

Вулканические массивы Усередис и Левобережный состоят из авгитовых андезитов, образующих куполовидные вулканы высотой 300—400 м. Усередис занимает площадь около 30 км<sup>2</sup>, Левобережный — 20 км<sup>2</sup>. Центры излияний, образовавших эти массивы, находились на дне кальдеры Опалы. Хорошо заметны лавовые потоки, растекшиеся во все стороны вокруг купола Усередис, расположенного в центре лавового поля, они сложены глыбовой лавой; на поверхности потоков видны поперечные валы и трещины.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Гультен Эрик. Некоторые географические заметки в карте южной Камчатки. «Изв. Русск. геогр. об-ва», т. VII, вып. 1, 1925.
- Заварицкий А. Н. Вулканы Камчатки. «Тр. Лабор. вулканол.», вып. 10, 1955.
- Келль Н. Г. По поводу карты южной Камчатки Э. Гультена. 1923. «Изв. Русск. геогр. об-ва», VII, вып. 1, 1925.
- Келль Н. Г. Карта вулканов Камчатки. «Изв. Русск. геогр. об-ва», т. 64, вып. 1, 1932.
- Конради С. А. и Келль Н. Г. Геологический отдел Камчатской экспедиции 1908—1911 гг. «Изв. Русск. геогр. об-ва», VII, вып. 1, 1925.
- Левинсон-Лессинг Ф. Ю. О пределах и подразделениях семейства андезитов. Избр. труды, т. 3. М., Изд-во АН СССР, 1952а.
- Левинсон-Лессинг Ф. Ю. О разграничении липаритов и дацитов. Избр. труды, т. 3. М., Изд-во АН СССР, 1952 б.
- Святловский А. Е. Два своеобразных вулкана Толмачева дола. «Бюлл. Вулканол. станции», № 24, 1956.