

УДК 549.643.25 : 552.313.8(479.25)

МИНЕРАЛОГИЯ

И. Я. ЦЕНТЕР, Е. П. СОКОЛОВА, М. И. ХОТИНА

**О БАЗАЛЬТИЧЕСКОЙ И ОБЫКНОВЕННОЙ РОГОВЫХ ОБМАНКАХ
В ЛАВОВЫХ ПОТОКАХ**

(Представлено академиком Д. С. Коржинским 18 VI 1970)

В петрографической литературе нередко указывается присутствие в породах одного и того же лавового поля как обыкновенной, так и базальтической роговых обманок (¹⁻³). Некоторые авторы указывают на взаимосвязь между цветом породы и типом роговой обманки (¹), другие обнаруживают зависимость между степенью раскристаллизованности основной массы и типом роговой обманки (²). Однако в указанных работах отсутствуют четкие геологические сведения о распространении лав с различными разновидностями роговых обманок, о приуроченности их к определенным частям

Таблица 1

Оптические свойства зеленовато-бурой и красно-бурой роговых обманок из неогеновых лав Зангезурского хребта

	eN_g , град.	$2VN_p$, град.	n_g^*	n_p^*	$n_g - n_p$
Зеленовато-бурая окраска	0—7	68—76	1,682—1,698	1,663—1,675	0,017—0,026
Красно-бурая окраска	0—7	68—76	1,712—1,747	1,668—1,686	0,044—0,067

* Определены М. И. Хотинной теодолитно-иммерсионным методом (⁴) с точностью $\pm 0,002$.

Таблица 2

Параметры элементарной ячейки обыкновенных и базальтических роговых обманок из неогеновых лав Зангезурского хребта *

	$a \sin \beta$	a , Å ($\pm 0,006$)	b , Å ($\pm 0,006$)	c , Å ($\pm 0,01$)	$\angle \beta$ ($\pm 10'$)
Обыкновенная роговая обманка	9,498—9,504	9,810—9,835	18,024—18,072	5,26—5,28	104°30'—104°55'
Базальтическая роговая обманка	9,468—9,480	9,782—9,789	18,036—18,060	5,24—5,26	104°26'—104°34'

* Исследованы Е. П. Соколовой порошковым фотографическим и дифрактометрическим методами. Поправка вводилась по NaCl. Расчет по межплоскостным расстояниям отражений: 600; 0,12.0; 002; 461; 661; 013 и 1.11.0.

потоков. Выяснить это позволило детальное изучение хорошо сохранившихся неогеновых лавовых потоков в Зангезурском хребте (Малый Кавказ).

В потоках андезито-дацитов и андезитов мощностью от 30 до 120 м отчетливо устанавливается изменение облика породы по направлению от подошвы к средней части. В основании потоков наблюдаются темные, почти черные стекловатые разновидности, мощность которых у подошвы достигает 5 м. Внутренние части потоков, преобладающие по объему,

сложены серыми или сиреневыми лавами с более раскристаллизованной гналопилитовой или микролитовой основной массой.

Обе разновидности пород со стекловатой и более раскристаллизованной основной массой характеризуются порфировой структурой. Минералами-вкрапленниками в них являются плагиоклаз, моноклинный и ромбический пироксены, амфибол и биотит при заметном преобладании амфибола. При микроскопическом изучении пород оказалось, что всюду в стекловатых лавах подошвы и кровли потоков амфибол представлен зеленовато-бурой роговой обманкой, не затронутой процессом опацизации; в центральной части потоков наблюдается красно-бурая роговая обманка с узкой опацитовой каймой или почти полностью опацитизованная.

По совокупности оптических свойств (табл. 1) красно-бурый амфибол, плеохроирующий от красно-бурого (по N_g) до бледно-желтого (по N_p), является типичной базальтической роговой обманкой, а зелено-бурый, плеохроирующий от темного зелено-бурого (по N_g) до светлого зеленовато-желтого (по N_p), близок к обыкновенной роговой обманке, но имеет необычно низкий для нее cN_g .

При изучении электромагнитных фракций искусственных шлихов из тех же пород картина оказалась более сложной. Наблюдаемая в шлифах обыкновенная или базальтическая роговая обманка часто является не единственной, а лишь преобладающей разновидностью амфибола в породе. В стекловатых лавах подошвы потоков, кроме преобладающей обыкновенной роговой обманки, в редких знаках наблюдается базальтическая, в лавах средней части потоков, наоборот, в редких знаках отмечена обыкновенная роговая обманка при резком преобладании базальтической.

Таблица 3

Химический состав (%) и свойства амфиболов из потока андезито-дацитов

	Амфиболы		Вмещающие андезито-дациты	
	1	2	3	4
SiO ₂	45,12	45,00	61,94	61,80
TiO ₂	1,95	2,29	0,50	0,50
Al ₂ O ₃	9,40	8,31	16,41	16,95
Fe ₂ O ₃	5,27	14,23	2,75	4,12
FeO	6,48	0,42	1,90	1,25
MnO	0,41	0,35	0,08	0,08
MgO	14,47	12,56	1,70	1,22
CaO	11,63	11,13	4,22	4,22
Na ₂ O	1,97	2,01	3,82	4,24
K ₂ O	1,06	1,20	3,73	3,45
П.п.п.	Не определялось		1,70	1,12
H ₂ O ⁺	1,78	1,80	Не определялось	
H ₂ O ⁻	0,10	Не опр.	0,34	0,34
P ₂ O ₅	Не определялось		0,67	0,57
F	0,42	0,66	0,02	0,05
Σ	100,06	100,26	99,78	99,91
F = O	0,18	0,28	—	0,02
Σ	99,88	99,98	99,78	99,89
cN_g , град.	7	0		
$2V_{N_p}$, град.	70	70		
n_g	1,698	1,744		
n_p	1,675	1,686		
$n_g - n_p$	0,023	0,058		
Плеохроизм по N_g	Темн. зеленов.-бурый	Красный		
по N_m	Зеленов.-бурый светлее	Бурый		
по N_p	То же еще светлее	Бледно-желтый		
$a \sin \beta$	9,504	9,474		
a , Å ($\pm 0,006$)	9,835	9,786		
b , Å ($\pm 0,006$)	18,060	18,060		
c , Å ($\pm 0,01$)	5,28	5,26		
$\angle \beta (\pm 10')$	104°55'	104°31'		

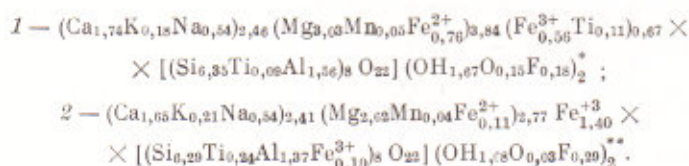
Примечание. 1 — обыкновенная роговая обманка из андезито-дацита 3, анализик А. Н. Ансельрод; 2 — базальтическая роговая обманка из андезито-дацита 4, анализик Г. В. Шербович; 3 — стекловатый андезито-дацит из подошвы потока, анализик В. В. Дынкина; 4 — андезито-дацит из центральной части того же потока, анализик В. В. Дынкина.

Кроме двух главных разновидностей, в искусственных шлихах в переменных количествах присутствуют три других разновидности амфибола: 1) ярко-зеленая, плеохроирующая в зеленых тонах, имеющая минимальные показатели преломления ($n_g = 1,678$, $n_p = 1,655$) и, по-видимому, наиболее близкая к обыкновенной роговой обманке; 2) коричневая роговая обманка, по показателям преломления также относящаяся к обыкновенным ($n_g = 1,682$, $n_p = 1,665$), но уже не имеющая зеленого оттенка; 3) опацифицированная роговая обманка, переполненная зернами магнетита и имеющая за счет этого почти металлический блеск и серый цвет; сохранившийся в ядрах таких зерен амфибол плеохроирует в бурых тонах и имеет показатели преломления всегда ниже, чем у неопацифицированной базальтической роговой обманки в той же породе.

Первые две разновидности наблюдались в единичных знаках в центральной части потока. Самостоятельную фракцию образует лишь опацифицированная роговая обманка, приуроченная, как правило, к средней части потока. Эти наблюдения показывают возможность существования разновидностей, промежуточных между типичной обыкновенной и базальтической роговыми обманками в одной породе, что свидетельствует о сложности и неравномерности процесса, приводящего в природе к образованию базальтической роговой обманки.

Параметры элементарной ячейки двух преобладающих разновидностей описанных амфиболов (табл. 2) показывают несомненное структурное различие обыкновенных и базальтических роговых обманок (по величине параметра a).

Химически проанализированы обыкновенная и базальтическая роговые обманки (см. табл. 3, 1 и 2), взятые соответственно из подошвы и центральной части одного и того же потока (состав вмещающих лав см. 3 и 4). Химические анализы амфиболов рассчитаны по кислородному методу (3) на кристаллохимические формулы:



Из приведенных формул видно, что тетраэдрические сетки изученных амфиболов почти аналогичны и демонстрируют близость их к серии гастингситов. Существенное различие исследованных обыкновенной и базальтической роговых обманок заключается в значительной роли в структуре последней малого октаэдра, полностью заселенного трехвалентным железом. Эта базальтическая роговая обманка по своему составу является крайним «окисленным» членом для роговых обманок с данным магниально-железистым соотношением.

Значительная роль малого октаэдра в структуре базальтической роговой обманки фиксируется меньшими размерами ее элементарной ячейки. Рядом исследователей (6-8) показано, что параметр a элементарной ячейки амфиболов и пироксенов больше всего зависит от замещения кальция магнием, железом и щелочами. Однако, вследствие того что крупные полиэдры структуры по своему составу в обеих изученных роговых обманках аналогичны, в данном случае на параметр a влияет переход закисного железа в окисное.

Порода и амфибол, наблюдаемые в зонах закалки — в подошве и кровле потока, — очевидно, ближе всего отражают состав расплава

* Сумма положительных зарядов $W_k = +46,11$; сумма отрицательных зарядов $W_o = -46,15$.

** $W_k = +46,02$; $W_o = -46,03$.

и характер интрателлурических вкрапленников к моменту излияния (амфибол представлен обыкновенной роговой обманкой). Во всех остальных частях потока происходит переход обыкновенной роговой обманки в базальтическую с окислением всего количества FeO в Fe_2O_3 , уже в условиях земной поверхности. Судя по экспериментальным данным, такой переход возможен при нагревании обыкновенной роговой обманки до 750° , причем эта температура должна до некоторой степени меняться в зависимости от концентрации и давления летучих в магме и может быть различна даже в разных участках расплава (^{9, 10}). Несомненно, что в природе могут существовать и потоки, в которых вообще не происходит перехода обыкновенной роговой обманки в базальтическую; один такой поток наблюдался и авторами.

Несмотря на то что для природных условий нельзя указать точно температуры точки перехода, это превращение несомненно фиксирует увеличение температуры расплава в момент излияния. Разогревание может быть вызвано процессом окисления при соприкосновении с кислородом воздуха и выделением скрытой теплоты кристаллизации (¹¹). Очевидно, в лавовых потоках большую роль играет последнее, так как переход обыкновенной роговой обманки в базальтическую происходит во внутренних частях потоков, а не в поверхностных, где соприкосновение с воздухом максимально. В упомянутом выше эксперименте (¹⁰) этот переход также происходит без участия кислорода воздуха в атмосфере азота.

Объяснить присутствие в зонах закалки обыкновенной роговой обманки быстротой затвердевания, т. е. тем, что переход в базальтическую роговую обманку просто не успевает произойти, нельзя, так как, по тем же экспериментальным данным, для этого достаточно нагревания в течение 1 часа. Переход закисного железа в окисное без влияния кислорода воздуха может происходить за счет разложения группы ОН, содержащейся в самом минерале (^{12, 2, 13}). Однако имеющиеся в нашем распоряжении единичные анализы не показывают уменьшения содержания H_2O в базальтической роговой обманке по сравнению с обыкновенной. Решение этого вопроса требует специального исследования и, очевидно, иными методами, чем химическое определение воды, имеющее значительные погрешности.

Авторы выражают глубокую благодарность К. П. Капраловой, под руководством которой извлечены из пород мономинеральные фракции исследованных амфиболов, и названным в статье химикам-аналитикам.

Всесоюзный научно-исследовательский
геологический институт
Ленинград

Поступило
14 VI 1970

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ S. Kozu, B. Yoshiki, Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ. III, 3, № 3, 177 (1929).
² E. S. Larsen, J. Irving et al., Am. Mineral., 22, 889 (1937). ³ А. А. Месячков, Тр. Лаб. вулканол. АН СССР, 9 (1955). ⁴ А. П. Лихачев, Тр. Центр. н.-и. горно-разв. инст., 62, 147 (1964). ⁵ А. Г. Булах, Руководство и таблицы для расчета формул минералов, М., 1967. ⁶ Н. Купо, Am. Mineral., 40, 15 (1955).
⁷ G. M. Brown, Am. Mineral., 45, 15 (1960). ⁸ E. I. W. Whittaker, Acta crystallogr., 13, 291 (1960). ⁹ A. Belovsky, Neues Jahrb. Mineral., 1, 291 (1891).
¹⁰ S. Kozu, B. Yoshiki, Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ. III, 3, № 2, 143 (1927).
¹¹ В. Н. Лодочников, Главнейшие породообразующие минералы, М., 1955.
¹² W. A. P. Graham, Am. Mineral., 11, № 5, 401 (1926). ¹³ K. Aoki, J. Petrol., 4, № 2, 198 (1963).