

А. Я. АРХИПЕНКОВА

ОБ ОМФАЦИТЕ И ГЛАУКОФАНЕ ИЗ ЭКЛОГИТОВ  
ЮЖНОГО УРАЛА

Омфациит и глаукофан являются главными минералами эклогитов. Сведения об этих минералах даны в работах ряда авторов (Escola, 1921, Switzer, 1945; Miyashiro, Seki, 1958, и др.). Некоторые данные об омфациите и глаукофане из эклогитов Южного Урала приводятся в работах Б. В. Чеснокова (1959).

Наши исследования позволяют более полно охарактеризовать состав и оптические свойства этих минералов из эклогитов д. Шубино (Южный Урал). Под омфациитом принято понимать зеленую и темно-зеленую разновидность пироксена, похожую на диопсид, но отличающуюся от последнего

Изменение оптических свойств и

№ п/п	№ образца	Название минерала	Цвет минерала	Блеск	Уд. вес
1	1	Омфациит *	Ярко-зеленый	Сильный стеклянный	3,36
2	2	Омфациит	Желтовато-зеленый	Стеклянный	3,24
3	149	Омфациит	Почти бесцветный	Стеклянный	3,05
1	70	Глаукофан*	Темно-синий	Сильный стеклянный	3,23
2	2	Глаукофан	Голубовато-синий	Стеклянный	3,15
3	149	Глаукофан	Почти бесцветный	Стеклянный	3,10

\* По омфацииту № 1 развивается глаукофан № 1 и т. д. Для омфациита № 1 и глаукофана № 1 приводятся химические анализы (см. табл. 2).

\*\* Показатели преломления измерены методом центрального окранирования с точностью  $\pm 0,001$  (Черкасов, 1957).

тем, что в омфациите кальций замещается натрием, а магний — алюминием. Содержание железа и соотношение  $Fe^{+2} : Fe^{+3}$  обычно низкое. Частично происходит замещение кремнезема алюминием. Алюминий находится в шестерной координации. В общей формуле это изображается следующим образом:  $Ca, Mg \rightleftharpoons Na, Al$ . Омфациит характерен для эклогитов и родственных им пород, образованных в условиях высоких давлений и температур при процессах прогрессивного метаморфизма. В условиях ретроградного метаморфизма омфациит неустойчив и переходит в глаукофан. Глаукофан относится к ряду щелочных амфиболов. В теоретической формуле его —  $(OH)_2 \cdot Na_2Mg_3Al_2 \cdot Si_8 \cdot O_{22}$  — Mg может замещаться  $Fe^{+2}$ , а Al —  $Fe^{+3}$ . Цвет минерала в шлифе синий, лавандово-голубой, а в тонких сечениях лавандово-голубой до бесцветного.

В эклогитах Южного Урала, образованных в условиях прогрессивного регионального метаморфизма, широко проявлены процессы ретроградного метаморфизма, которые выразились в изменении минеральной ассоциации эклогитов — омфациит + гранат + рутил — в минеральную ассоциацию (омфациит + гранат + рутил) + глаукофан + сфен + эпидот + мусковит (Архипенкова, 1965). Глаукофан образуется по омфацииту, а в гастингситовой разности эклогитов он главным образом замещает гастингсит<sup>1</sup>. Замещение минералов начинается с периферии их. Иногда образование глаукофана по омфацииту наблюдается и с центра зерен последнего. При замещении этих минералов глаукофан обычно сохраняет форму первичного минерала. Переход гастингсита в глаукофан постепенный, четких границ между этими минералами не наблюдается.

Омфациит в изучаемых эклогитах является первичным минералом. Состав его обусловлен исходным составом пород, подвергшихся эклогити-

Таблица 1

удельного веса омфациита и глаукофана

Плеохроизм	Показатели преломления **			Ng—Np
	Ng	Nm	Np	
Ng — зеленовато-желтый Nm — слабо-зеленоватый Np — зеленый	1,716	1,703	1,625	0,021—0,023
Ng — слабо зеленоватый Nm — зеленовато-желтый Np — желто-зеленый	1,710	1,697	1,689	0,021—0,023
—	1,693	1,683	1,675	0,018—0,020
Ng — ультрамариновый Nm — лавандово-синий Np — желтовато-зеленоватый	1,650	1,648	1,627	0,023—0,025
Ng — бледно-голубой Nm — бледно-сиревевый Np — почти бесцветный	1,635	1,631	1,610	0,023—0,025
—	1,630	1,627	1,610	0,023—0,025

<sup>1</sup> Подтвержден химическими анализами и оптическими константами. В отличие от бурого каринтина, более обычного для эклогитов, окрашен в зеленоватый цвет.

Таблица 2

Межплоскостные расстояния (А) омфацитов из эклогитов Южного Урала  
(Fe — нефильТРованное излучение, 35 кВ, 10 мА, экспозиция — 5 час.;  
 $d_{\text{камеры}} = 57,3 \text{ мм}$ )

Образец 1						Образец 149					
d/n	I	d/n	I	d/n	I	d/n	I	d/n	I	d/n	I
4,33	4	1,825	1	1,268	5	4,332	4	1,825	1	1,264	7
3,72	2	1,795	4	1,228	5	3,665	3	1,790	5	1,222	5
3,51	1	1,729	4	1,197	3	—	—	1,725	5	1,195	3
3,27	4	1,653	4	1,158	1	3,307	6	1,653	4	1,166	1
3,146	6	1,622	3			3,146	7	1,618	4		
2,955	10					2,970	10				
2,876	7	1,603	5	1,152	2	2,855	8	1,607	5	1,157	3
2,814	2	1,533	2ш	1,128	2			1,581	1ш		
								1,537		1,126	2
								1,520	3ш	1,095	1
2,71	1	1,501	6	1,104	2	2,698	1	1,498	7	—	—
2,53	7	1,468	2	1,076	2	2,527	8	1,468	3	1,073	2
2,46	6	1,437	1	1,059	6	2,455	7	1,431	1	1,059	6
2,33	1	1,392	9	1,050	8	2,323	1	1,392	1	1,050	9
2,25	3	1,376	1	1,039	1	2,238	3	1,370	2		
2,19	4	1,318	6	1,023	3ш	2,183	4	1,314	6	1,023	3ш
2,007	7	1,301	6	1,006	1	2,108	5	—	—	—	—
				0,9966	2	2,007	7	1,301		0,997	1
				0,9890	2			1,292	4ш	0,989	1

Образец 1 — ярко-зеленый омфацит; образец 149 — почти бесцветный омфацит.

П р и м е ч а н и е. Параметры, вычисленные Г. А. Сидоренко для обоих образцов, оказались сходными:  $a = 9,426$ ;  $b = 8,80$ ;  $c = 5,16 \text{ кХ}$ ;  $\beta = 106^\circ 37'$ .

зации. В эклогитах Южного Урала выделяется три разновидности омфацита. Каждой разновидности соответствует определенная разность глаукофана. Первая разновидность омфацита характеризуется ярко-зеленым цветом и сильным стекляннм блеском. Глаукофан, замещающий этот омфацит, имеет темно-синий цвет и сильный стекляннм блеск. Для второй разновидности омфацита характерен желтовато-зеленый цвет и стекляннм блеск. Глаукофан, образование которого происходит по этому омфациту, характеризуется голубовато-синим цветом и стекляннм блеском. Третья разность омфацита почти бесцветна и замещается почти бесцветным глаукофаном, напоминающим актинолит.

Омфацит и глаукофан третьей разновидности характерны для эклогитов, располагающихся вблизи тектонических нарушений и эклогитовых тел небольшой мощности. При замещении омфацита глаукофаном в тектонических зонах образуется мелкозернистый агрегат глаукофана по омфациту. Начальная стадия образования такой структуры наблюдается по трещинкам в крупных зернах глаукофана.

В табл. 1 приведены данные оптических свойств и удельного веса этих минералов. Из табл. 1 видно, что разно окрашенные разности омфацита и глаукофана, отличаются по удельному весу и по показателям преломления. Ярко окрашенные разности этих минералов имеют больший удельный вес и более высокие показатели преломления. Слабо окрашенные разно-

Таблица 3

Межплоскостные расстояния (Å) глаукофанов из эклогитов Южного Урала  
(условия съемки такие же, как у омфациитов)

Образец 70						Образец 149					
d/n	I	d/n	I	d/n	I	d/n	I	d/n	I	d/n	I
9,10	1	2,06	1			9,25	3			1,392	9
8,29	10	1,995	2			8,17	10	1,995	4ш	1,370	1
4,94	6	1,851	3	1,361	3	4,85	5			1,351	2
4,47	6			1,340	4	4,36	4	1,825	4ш		
						4,23	1	—		1,333	3
3,86	3	1,800	1	1,329	4	3,79	2			1,324	3
				1,320	1					1,312	3
										1,285	2
3,57	1	1,766	1	1,281	6	3,69	2	1,776	4ш	1,268	1
3,37	8	1,716	1	1,262	1	3,35	10			1,261	1
								1,694	3		
3,22	3	1,673	1			3,18	4			1,227	1
3,06	8	1,641	4					1,653	3		
						3,02	9			1,197	1
								1,618	6		
								1,603	1		
2,940	4							1,574	5		
		1,578	3			2,911					
						2,869	9				
2,698	10	1,547	3	1,178	3	2,686	10			1,169	7
2,581	1	1,511	2							1,147	1
2,527	5	1,477	1			2,570	1	1,504	4	1,128	1
						2,516	5	1,474	2	1,111	1
2,288	5	1,405	6	1,043	3ш	2,288	5			1,096	1
2,160	4			1,029	3ш	2,230	4			1,081	2
				1,017	3ш	2,198	1			1,037	2
						2,130	5			1,021	6ш
						2,053	1			1,011	6ш

Образец 70 — темно-синий глаукофан; образец — 149 почти бесцветный глаукофан.

сти описываемых минералов только по оптическим свойствам нельзя отнести к омфацииту и глаукофану, поэтому для них, как и для ярко окрашенных разновидностей их, были произведены рентгеноструктурные исследования дебаеграмм (табл. 2 и 3). Данные этих исследований показывают, что светлые разновидности омфациита аналогичны ярко окрашенным омфациитам и по заключению Г. А. Сидоренко относятся к структурному типу III<sup>3</sup> (Гинзбург, Сидоренко, 1964). Светло окрашенные глаукофаны аналогичны ярко окрашенным и относятся к структурному типу XII (Гинзбург, Сидоренко, Рогачев, 1961). Естественно, что промежуточные по окраске разновидности этих минералов являются омфациитом и глаукофаном.

В литературе нет указаний на почти бесцветный омфациит, поэтому наши данные представляют интерес. Почти бесцветная разновидность глаукофана с призматическим габитусом зерен в литературе известна под названием глаукофан — гастальдита (Розенбуш, 1934).

Для одной разновидности омфациита (1/5618) и замещающего его глаукофана (70) в химической лаборатории ВИМСа (аналитик Н. Н. Кузнецова)

Таблица 4

## Химические анализы (вес %) и структурные формулы омфацинтов и глаукофанов

Компоненты	Омфацинт		Глаукофан	
	1/5618 *	2	70*	1
SiO <sub>2</sub>	51,39	53,48	57,62	54,90
TiO <sub>2</sub>	1,16	0,59	0,51	0,78
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,37	11,37	10,27	11,2
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,07	6,51	5,41	2,96
FeO	2,48	1,42	7,52	12,10
MnO	Нет	0,01	—	0,01
MgO	8,35	7,33	11,21	7,12
CaO	11,65	12,28	0,20	0,96
Na <sub>2</sub> O	7,30	6,30	6,03	6,78
K <sub>2</sub> O	0,0	0,02	0,17	0,05
H <sub>2</sub> O	0,0	—	0,37	2,00
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	—	—	0,006
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	—	—	—	0,06
Сумма	100,13	99,72	100,47	98,93
Si	1,6	1,92	7,96	7,80
Ti	0,028	0,02	0,05	0,08
Al	0,39	0,52	1,66	1,88
Fe <sup>+++</sup>	0,17	0,17	0,56	0,31
Fe <sup>++</sup>	0,07	0,04	0,86	1,43
Mn	—	—	—	—
Mg	0,39	0,38	2,30	1,50
Ca	0,42	0,47	0,03	0,15
Na	0,45	0,44	1,60	1,88
K	—	—	0,03	—
ОН	—	—	0,29	2,00
H	—	—	—	—

\* Образцы с этими минералами сданы в Минералогический музей АН СССР.

произведены химические анализы (табл. 4). Материал тщательно отобран под бинокулярным микроскопом МБС-1. Остальные разности омфацинта и глаукофана из одного и того же образца нам не удалось отобрать с достаточной чистотой, поэтому химические анализы для них не производились.

Из приведенных данных видно, что при образовании глаукофана резко уменьшается содержание окиси кальция. Из 11,65% CaO (см. табл. 4), содержащейся в омфацинте, в глаукофан переходит 0,2%. Не вошедшая в состав глаукофана окись кальция идет на образование эпидота и сфена, которые также образуются при процессах ретроградного метаморфизма эклогитов.

Ретроградные изменения сопровождаются разложением граната. Часть MgO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, FeO и SiO<sub>2</sub>, освобождающаяся при этом, заимствуется глаукофаном. Поэтому содержание этих компонентов в глаукофане больше, чем в замещающем его омфацинте. Если гранат не изменяется или незначительно изменяется при процессах ретроградного метаморфизма, то,

по-видимому, химический состав глаукофана будет близок к химическому составу замещенного им омфаци́та.

Спектрографическим количественным методом (лаборатория ВИМСа) в омфаци́тах (5 анализов) обнаружены следующие элементы — примеси:

Ni = 0,002—0,01%; Co = 0,001—0,01%; Ti = 0,1—0,7%;  
V = 0,01—0,1%; Zr = 0,003—0,01%; Cu = 0,003—0,03%;  
Zn = 0,003—0,03%; Ga = 0,005—0,01%; Sc = 0,001—0,05%.

Для глаукофанов характерны следующие элементы — примеси:

Ni = 0,03—0,003%; Co = 0,002—0,01%; Ti = 0,1—0,5%;  
V = 0,01—0,02%; Zr = 0,003—0,01%; Cu = 0,003—0,01%;  
Zn = 0,005—0,03%; Ga = 0,003—0,01%; Sc = 0,001—0,003%.

Приведенные данные показывают, что для омфаци́та и глаукофана характерны одни и те же элементы — примеси с небольшими колебаниями в содержании.

В литературе имеется ряд анализов химического состава омфаци́тов и глаукофанов из эклогитов д. Шубино (Чесноков, 1959).

Для сравнения с нашими анализами мы приводим анализы этих минералов и структурные формулы их (см. табл. 4, обр. 2, 1).

Из приведенных данных видно, что в омфаци́тах и глаукофанах происходят колебания в содержании Al и Fe, в глаукофане, кроме того, существует различие в содержании Mg, который заместил Fe<sup>2+</sup>, и в содержании Fe<sup>3+</sup>, замещающего Al.

Из литературных данных известно, что показатели преломления и удельный вес минералов зависят от содержания железа и алюминия, а окраска их связана с распределением катионов Fe<sup>2+</sup> и Fe<sup>3+</sup>.

Из изложенного выше следует, что изменение удельного веса, показателей преломления и окраска описанных минералов зависят от соотношения катионов (Al и Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>) в минерале.

Изучение минералов — омфаци́та и глаукофана — представляет не только минералогический интерес, но и помогает в решении генетических вопросов изменения эклогитов.

Наши исследования показали, что омфаци́т — это не только зеленая или темно-зеленая разность пироксена, как отмечается в литературе (Deer a. oth., 1962), но что он может быть и почти бесцветным. Это важно иметь в виду при определении названия породы.

Амфибол, похожий в шлифе на актинолит, оказался глаукофаном. Результаты химических анализов этих минералов показали, что при замещении омфаци́та глаукофаном происходит перегруппировка вещества с привнесом воды (H<sub>2</sub>O<sup>+</sup>).

#### ЛИТЕРАТУРА

- Архипенкова А. Я. Эклогиты д. Шубино (Южный Урал) и возможности их практического использования. — Сб. «Минеральное сырье», вып. 15, 1965.
- Гинзбург И. В., Сидоренко Г. А. Опыт применения порошкограмм для диагностики амфиболов и пироксенов (тезисы доклада). — В кн.: «Новые методы в минералогии и петрографии и результаты их применения». Госгеолтехиздат, 1963.
- Гинзбург И. В., Сидоренко Г. А., Рогачев Д. Л. О зависимости между главными изоморфными замещениями и некоторыми параметрами кристаллической структуры амфиболов. — Труды Мин. музея АН СССР, вып. 12, Изд-во АН СССР, 1961.
- Розенбуш Г. Описательная петрография. Горгеофтеиздат, 1934.

- Черкасов Ю. А. О применении фокального экранирования при измерении показателей преломления иммерсионным методом. В кн.: «Современные методы минералогического исследования горных пород, руд и минералов». Госгеолтехиздат, 1957.
- Чесноков Б. В. Рутилсодержащие эклогиты Шубинского месторождения на Южном Урале. — Изв. высших уч. заведений, серия геологическая, 1959, № 4.
- Deer W. A., Howie R. A. and Zussman J. Rock Forming Minerals, Longmans, 1963, 2.
- Escola P. On the eclogites of Norway Vindesk Skiff. Mat. Nat. kl. 8, 1921.
- Miyashiro A., Seki Y. Mineral assemblages and subfacies of the glaucophane — schist facies. Jap. J. Geol. Geod., 29, 1958.
- Switzer G. Eclogite from the California glaucophane schists Amer. Jour. Sci., 1945, 243, N 1.