

В. А. КАРГАТЬЕВ, Г. А. СИДОРЕНКО

**ЩЕЛОЧНОЙ ПИРОКСЕН СО СТРУКТУРОЙ ОМФАЦИТА  
ИЗ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ ЖИЛ АЛДАНСКОГО ЩИТА**

В составе существенно пироксеновых, пироксен-полевошпатовых метасоматитов и жильных образований, пересекающих как архейские гнейсы и гранитогнейсы, так и породы мезозойского магматического комплекса, нами обнаружен пироксен, химический состав которого близок к промежуточной разновидности между эгирином и диопсидом. Однако рентгенометрическое изучение показало, что структура этого минерала идентична структуре омфациита — разновидности натровых моноклинных пироксенов, до последнего времени встречавшейся, главным образом, в составе эклогитов и близких к ним пород, сформированных в условиях высоких давлений и умеренных температур.

Жильные образования и метасоматические породы, в состав которых входит исследуемый пироксен, несколько различаются по количественному минеральному составу и текстурно-структурным особенностям.

Помимо пироксена, представленного изометричными кристаллическими зернами, в составе жильных образований изредка отмечается микроклин, идиоморфные выделения которого достигают размеров в первые сантиметры. Порода, слагающая жильные тела, обладает массивной текстурой (рис. 1), местами кавернозна. В участках выщелачивания наблюдается замещение омфациита голубовато-белым амфибол-асбестом. Пустоты выщелачивания часто выполнены прозрачным сливным или мелкодрозовидным кварцем, слагающим также тонкие секущие прожилки в зальбандах пироксеновых жил. Температура образования жильного кварца по данным гомогенизации газовой-жидких включений была, очевидно, близка к 240—245°С.

Среднезернистые массивные пироксен-полевошпатовые метасоматиты содержат в своем составе до 30—40% решетчатого микроклина, мелкие округлые выделения которого равномерно распределены в породе и как бы сцементированы сноповидными, войлокоподобными агрегатами игольчатого пироксена, образующего также пойкилитовые вроски в калиевом полевоом шпате. Структура породы пойкилопорфиробластовая (рис. 2). На заключительных стадиях формирования метасоматитов пироксен в них также замещается волокнистым амфиболасбестом.

Исследуемый пироксен в этих породах образует изометричные кристаллические зерна короткопризматического габитуса размером до 1 см, или мелкие игольчатые кристаллы, которые слагают сноповидные агрегаты и радиально-лучистые сростки размером до 1—1,5 см в диаметре (рис. 3 и 4). Цвет минерала макроскопически серовато-зеленый, в шлифе светло-зеленый. Плеохроизм едва заметен: оттенок общей светло-зеленой окраски меняется от желтовато-зеленого тона по Ng до голубо-

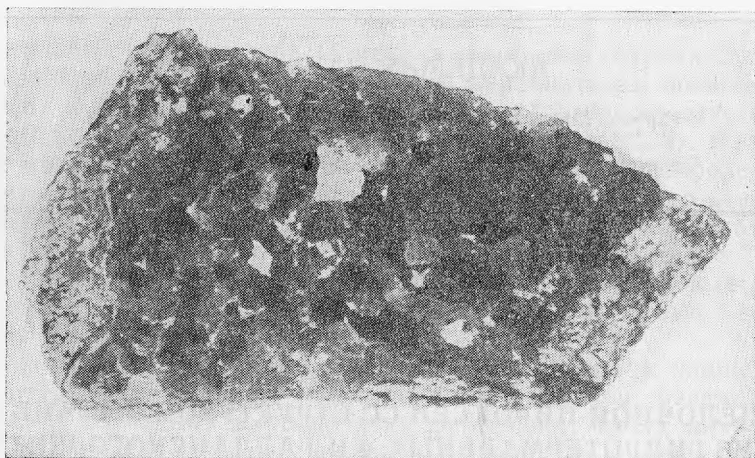


Рис. 1. Крупнозернистая кварц-полевошпат-пироксеновая порода.  
Нат. вел.

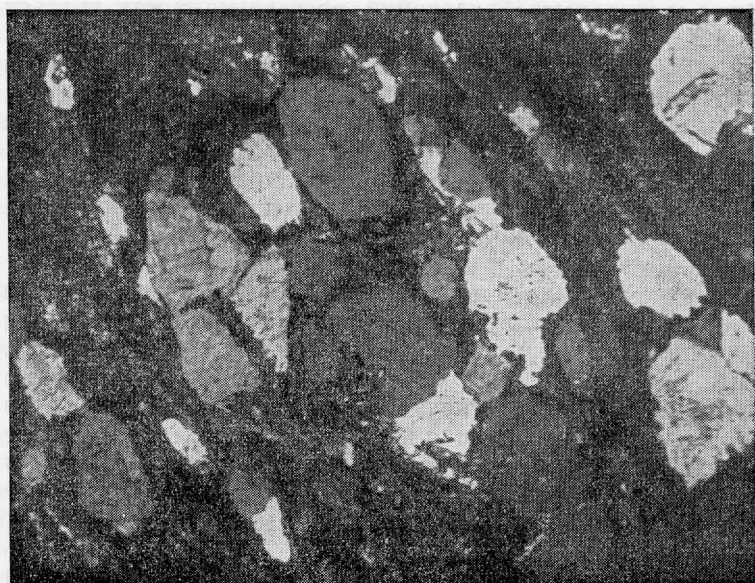


Рис. 2. Пойкилопорфиробластовая структура микроклин-пироксеновой мегасоматической породы.  $\times 30$ , николи скрещены

вато-зеленого по Nr. Показатели преломления  $n_g = 1,692 \pm 0,02$ ,  $n_p = 1,670 \pm 0,002$ . Угол  $C : Ng = 43-45^\circ$ ,  $+2V = 60^\circ$ . Крупнозернистый пироксен проанализирован Колотвиновой А. А. Результаты анализа и расчет его эмпирической кристаллохимической формулы приведены в табл. 1.

Довольно высокие и сопоставимые между собой содержания щелочей и трехвалентного железа, с одной стороны, и оснований (Ca, Mg) — с другой, позволяют предполагать, что доминирующее значение в составе пироксена имеют миналы эгирина (50,3%) и диопсида (34,3%). Выделение жадеитового минала затруднительно в связи с низким содержанием глинозема (всего 0,7% по весу).

От изоструктурных с ним омфацитов, свойственных породам эклогитовой фации метаморфизма, изученный пироксен отличается, таким

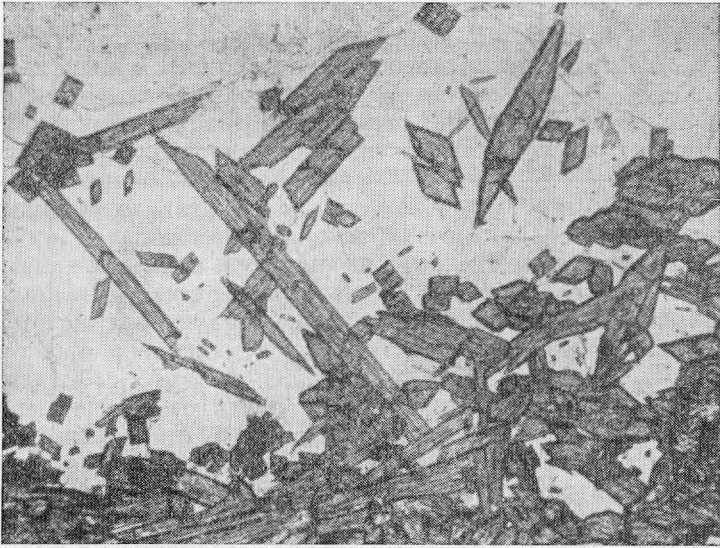


Рис. 3. Форма выделений пироксена в кварце. Ув. 30, без анализатора

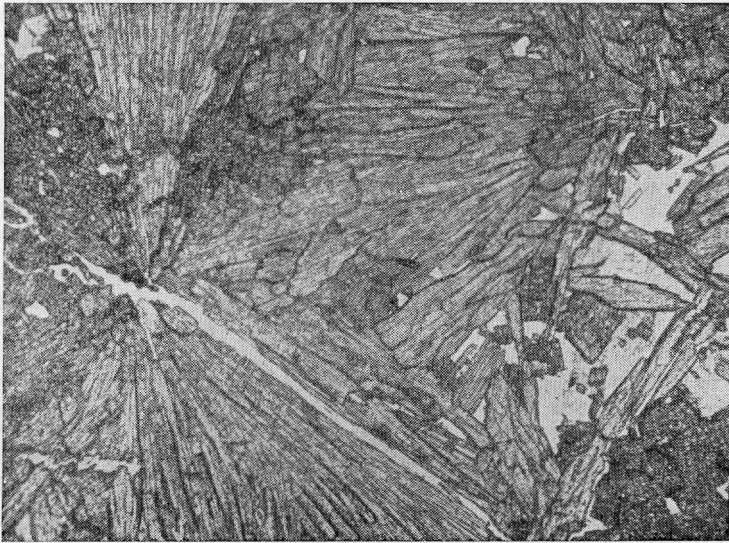


Рис. 4. Радиально-лучистые сростки пироксена. Ув. 30, без анализатора

образом, пониженным содержанием  $Al_2O_3$  и высокой железистостью:

$$f = \frac{\Sigma Fe}{\Sigma Fe + Mg} \cdot 100 = 55\%.$$

Спектральным анализом в минерале выявлены примеси титана, ванадия и фосфора (десятые доли процента); циркония — сотые доли; никеля, кобальта, молибдена, меди, свинца, цинка, германия, галлия и иттрия — тысячные доли процента.

В участках выщелачивания и окварцевания пироксеновых жил наблюдается замещение данного пироксена голубовато-белым амфибол-асбестом, который, по данным рентгенографического анализа, может быть диагностирован как натровый тремолит-рихтерит (межплоскостные

Таблица 1  
Расчет кристаллохимической формулы пироксена

Компоненты	Содержание, вес. %	Мол. колич.	Атомные количества		Коэффициенты
			анионов	катионов	
1	2	3	4	5	6
SiO <sub>2</sub>	52,14	8676	17 352	8676	1,931
TiO <sub>2</sub>	0,21	26	52	26	0,006
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,70	60	207	138	0,032
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17,60	1102	3 306	2204	0,503
FeO	5,24	730	730	730	1,166
MnO	0,34	48	48	48	1,019
CaO	11,11	1931	1 931	1981	0,458
MgO	6,05	1500	1 500	1500	0,343
Na <sub>2</sub> O	6,71	1083	1 033	2166	0,495
K <sub>2</sub> O	0,15	16	16	32	0,008
H <sub>2</sub> O	0,22				
Сумма 100,47			26 275		
Расчетный фактор			4379,2		

Формула минерала:  $(Ca_{0,45}Fe_{0,05}^{2+}Na_{0,49}K_{0,01})_{1,00}(Mg_{0,34}Fe_{0,50}^{3+}Fe_{0,12}^{3+}Ti_{0,01}Al_{0,01}Mn_{0,02})_{1,00}(Si_{1,88}Al_{0,02})_{2,00}$

Таблица 2  
Параметры элементарных ячеек щелочных пироксенов

Минерал	a	b	c	β°	Источник
Эгирин	9,85	8,79	5,29	107,40	Дир, Хауи, Зусман, 1965
Омфацит	9,660	8,844	5,228	106,31	Edgar, Mottana, Magrae, 1969
Изученный пироксен	9,677	8,844	5,23	106,22	Данные авторов

расстояния рихтерита вычислены Н. И. Черновой). Состав примесей в рихтерит-асбесте и пироксене близок. Спектральным анализом в рихтерите установлены: титан, ванадий — до десятых долей процента; свинец, цинк, барий — сотые доли; никель, кобальт, молибден, цирконий, медь, германий — тысячные доли процента.

Отличия кристаллической структуры богатых натрием моноклинных пироксенов, к которым, наряду с эгирином и жадеитом, относится омфацит, от структуры других моноклинных пироксенов заметны уже по характеру их порошкограмм и свидетельствуют о производном характере структуры щелочных пироксенов от структуры диоксида (Гинзбург, Сидоренко, 1964), а не об их идентичности (Дир, Хауи, Зусман, 1965).

По рентгенометрическим данным среди пироксенов резко выделяются минеральные разновидности, принадлежащие к структурным группам эгирин-омфацита и авгит-диопсид-геденбергита. Причем в пределах первой группы порошкограмма позволяет выделить все три разновидности (эгирин, омфацит, жадеит) благодаря различию параметров их элементарных ячеек. Переходные структуры, отвечающие пироксенам промежуточного состава: эгирин-авгит или эгирин-диопсид, не обнаружены.

Как показали рентгеноструктурные исследования омфацита (Slagk, Parike, 1968), специфика его кристаллической структуры и отличия от

структуры других моноклинных пироксенов определяются упорядоченным расположением в последней октаэдрических катионов (Al, Fe<sup>3+</sup>), (Mg, Fe<sup>2+</sup>) и катионов с координационным числом — 8 — Ca и Na. Упорядоченность снижает пространственную группу симметрии омфацита до P2. Степень упорядоченности зависит от температуры образования и давления минералообразующей среды.

Это позволяет сделать вывод, что как структурный тип, так и параметры ячейки определяются прежде всего степенью упорядоченности октаэдрических катионов и условиями образования минерала.

По результатам рентгенометрической съемки Н. И. Черновой рассчитаны параметры элементарной ячейки алданского пироксена (табл. 2), которые хорошо совпадают с литературными данными для омфацита (Wagner, J., 1964; Edgar A. D., Mottana, Magrae, 1969). Дебаграммы короткопризматического и игольчатого пироксенов идентичны.

Находка щелочного пироксена гидротермального происхождения, обладающего структурой омфацита, представляет интерес с точки зрения расширения и уточнения представлений о соотношении строения кристаллической решетки с химическим составом внутри обширной группы минералов переменного состава, к которым относятся пироксены, а также представлений об условиях образования омфацита. Алданский щелочной пироксен в парагенезисе с микроклином является продуктом гидротермальной деятельности, завершившей мезозойский этап тектономагматической активизации Алданского щита. Тесные пространственные и возрастные взаимоотношения пироксеносодержащих гидротермально-метасоматических образований с интрузиями субщелочного магматического комплекса, глубина формирования которых, по-видимому, не превышала 500—700 м, позволяют предполагать, что гидростатические давления при их образовании не превышали 70—100 кг/см<sup>2</sup>. Однако, учитывая, что формирование горстовых структур района происходило в условиях тангенциального сжатия, при котором отсутствовала свободная циркуляция гидротермальных растворов в открытых полостях, давление минералообразующей среды, возможно, было близко к литостатическому и составляло около 300—400 кг/см<sup>2</sup>. Определить температуру образования пироксеновых метасоматитов и жил в настоящее время не представляется возможным, однако, учитывая, что температура образования кварцевых жил, завершающих гидротермальное минералообразование в участках развития пироксен-полевошпатовых метасоматитов, составляет 240—245°, можно предполагать, что она была выше этой величины.

Примечательно то, что на трехкомпонентной диаграмме состав — свойства, фигуративная точка, отвечающая составу изученного пироксена, ложится в полосу предполагаемого разрыва смешимости для пироксенов ряда эгирин — диопсид (Костюк, 1964), существование которого некоторыми исследователями справедливо ставится под сомнение (Перчук, 1966).

## ЛИТЕРАТУРА

- Гинзбург И. В., Сидоренко Г. А. Некоторые особенности кристаллохимии пироксенов, выявленные при диагностике по дебаграммам. — Новые данные о минералах СССР, вып. 15, 1964.
- Дир У. А., Хауи Р. А., Зусман Д. Породообразующие минералы. Изд-во «Мир», 1965.
- Добрецов Н. Л., Кочкин Ю. Н., Кривенко А. П., Кутюлин В. А. Породообразующие пироксены. Изд-во «Наука». 1971.
- Костюк В. П. Дополнение к диаграмме диопсид — геденбергит — эгирин. — ДАН СССР, 1964, 156, № 3.
- Перчук Л. Л. О диаграмме состав — свойства для системы эгирин — геденбергит — диопсид и о возможности ограниченной смешимости в субсолидусе этой системы. — Записки Всесоюз. минер. об-ва, серия 2, ч. 95, вып. 5, 1966.