

И. В. ГИНЗБУРГ, Ю. С. КРАКОВСКИЙ

ПИЖОНИТ ИЗ МИКРОДОЛЕРИТОВ  
СИБИРСКИХ ТРАПШОВ

## О термине пижонит

Название пижонит впервые было применено в 1900 г. (Winchell, цитировано по Дольтеру) для клинопироксена с малым углом оптических осей ( $2E = 13-22^\circ$ )<sup>1</sup>. Позднее такие же клинопироксены (с  $2V = 15-23^\circ$ ) были названы Валем сначала магnezальными диопсидами (Wahl, 1906), а затем энстатит-авгитами (Wahl, 1907). В русской литературе они фигурировали под тремя этими названиями (Лодочников, 1947) или же как диопсид Валя (Соболев, 1936) и пироксен Валя (Годлевский, Баталиев, 1958). В иностранной литературе границы термина пижонит долгое время не были общепризнанными, хотя большинство авторов придерживалось определенных рамок. Сводка принятых разными авторами границ пижонита удачно дана на фоне изменения угла  $2V$  и увеличения содержания кальция (Benson, 1944). После известной работы Хесса (Hess, 1941) за рубежом термин пижонит стали употреблять в единственном значении: им обозначается клинопироксен с  $2V = 0-30^\circ$  в плоскости (010) или  $\perp$  (010), обладающий к тому же низким содержанием CaO (3-7 вес. %).

В нашей стране термин пижонит имел двойное толкование (табл. 1).

Вслед за Соболевым (1936) ряд исследователей называл пижонитами (пиджонитами) клинопироксены с большим углом  $2V$  ( $40-55^\circ$ ) и с высоким содержанием CaO (13-24 вес. %) при малом содержании  $Al_2O_3$  и  $Fe_2O_3$  (Лебединский, 1949; Годлевский, Баталиев, 1958; Масайтис, 1958; Золотухин, 1964). Иногда такие пироксены именовались пижонит-авгитами<sup>2</sup> (Лебедев, 1958; Лебединский, 1961).

Другие исследователи относили подобные пироксены к авгитам или пижонит-авгитам, оставляя название пижонит за клинопироксенами с  $2V = 0-30^\circ$  (Яковлева, 1947; Гоньшакова, 1953; Хряпина, 1959; Вакар, 1962; Гинзбург и др., 1964).

Рентгенографическими исследованиями у пижонита с малым  $2V$  и низким содержанием кальция установлена сугубо индивидуальная картина дебаеграм и дифрактограмм (Kuno, Hess, 1953; Zwaan, 1955; Гинзбург,

<sup>1</sup> Повторные определения (Hess, 1941) для ядер зерен дали сходные значения  $2V$ .

<sup>2</sup> Название пижонит-авгит (Pigeonitic-augite) ранее было применено для клинопироксена с  $2V > 32-45^\circ$  (MacDonald, 1944).

Наименования разных по составу и свойствам Са-Mg-Fe-клинопироксенов сибирских траппов

$2V = 40-55^\circ$ , СаО 16-24 вес. %	$2V = 0-30^\circ$ , СаО 3-7 вес. %	Источник
Пиджонит (=пижонит)	Диоксид Валя	Соболев, 1936
Авгит	Пижонит	Яковлева, 1947
Авгит	Пижонит	Гоньшакова, 1953
Нормальный кальциевый пижонит или обычный пижонит	Субкальциевый (=бедный кальцием) пижонит	Годлевский, Баталиев, 1958
Пижонит-авгит	—	Лебедев, 1958
Пижонит	—	Масайтис, 1958
Пижонит-авгит	Пижонит	Хряпина, 1959
Нормальный пижонит	Субкальциевый пижонит	Золотухин, 1964
—	Пижонит	Авторы

Сидоренко, 1964), а также определена примитивная моноклиновая ячейка и расшифрованы особенности кристаллической структуры (Morimoto, 1956; Morimoto a. o., 1960). После этих работ только бедный кальцием клинопироксен с небольшим углом  $2V$  можно именовать пижонитом (Гинзбург, 1963, 1964; Deeg a. o., 1963; Сеницын, 1965). В этом смысле пижонит здесь и употребляется.

#### Характеристика пижонитосодержащих микродолеритов

Трапповые интрузии западной и центральной частей Сибирской платформы содержат обширные зоны закаленных пород (микродолеритов), которые тяготеют, как правило, к кровле недифференцированных силлов и боковым контактам секущих тел, залегающих среди туфов. Микродиориты характеризуются афонитовым роговиковоподобным сложением, подвергнуты интенсивным процессам автобрекчирования и содержат значительное количество ксенолитов, представленных и разнородными породами траппового облика, и чужеродным — осадочным и туфогенным — материалом. В разрезах контактовых зон интрузий наблюдаются крайне постепенные переходы от микродолеритов к плагиоклаз-пироксеновым апотуфовым роговикам, от наиболее метаморфизованных разновидностей которых микродолериты почти неотличимы.

В работах Ю. С. Краковского (1964, 1965) уже отмечались явления перекристаллизации микродиоритов и апотуфовых роговиков, происходящие в основном под воздействием их локального наложенного расплавления. Плавление пород повсеместно начинается вблизи ксенозоров и обломков спалического материала и распространяется затем в массу вмещающих их образований. Процесс местами достигает уровня выплавления анатектического стекла, неизменно кислого ( $N = 1,501-1,515$ ), состав которого, очевидно, обусловлен контаминацией веществом обломков. Наиболее вероятной причиной анатексиса служит повторный разогрев пород, связанный с поступлением дополнительных порций базальтового расплава.

Частичная кристаллизация новообразованных стекол приводит к появлению своеобразной минеральной ассоциации, контрастной обычным парагенезисам долеритов и микродолеритов и постоянно включающей пижонит. Порядок образования минералов из стекла следующий: оливин → титаномагнетит → пижонит → плагиоклаз (+ ромбический пироксен) → плагиоклаз. Местами кристаллизуются тримит и кварц.

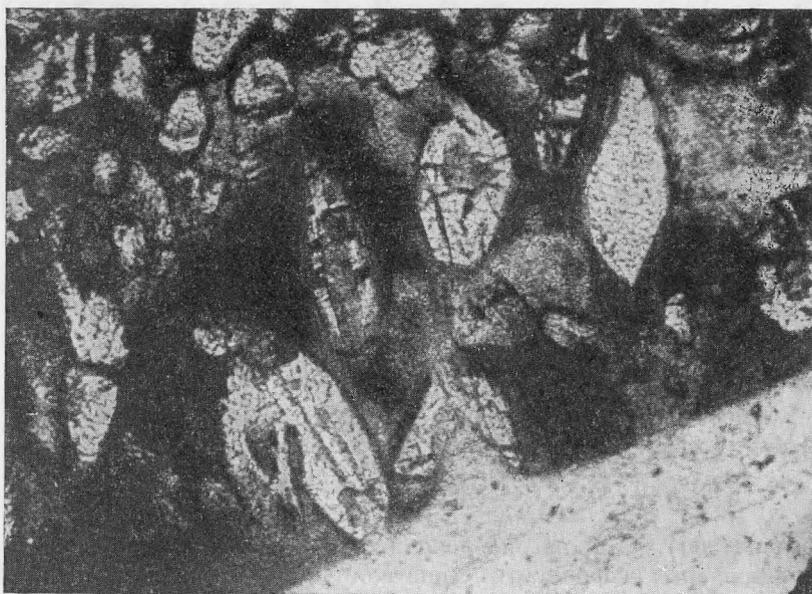


Рис. 1. Кристаллы пажонита в анатектическом стекле и на реликтовом зерне кварца. Увел. 150, при одном никеле

Оливин выделяется редко, обычно при расплавлении обломков троктолит-долеритов в микродолеритах. Характеризуется более высокой железистостью, чем оплавленный оливин I (соответственно  $Mg_{51-57}$  и  $Mg_{24-26}$ ).

Титаномагнетит образует включения в пироксенах и вследствие своей ранней кристаллизации, вероятно, обуславливает их достаточно высокую магнезиальность. По содержанию в титаномагнетите (24,75 вес. %) с использованием метода Баддингтона с соавторами (Buddington a. o., 1955) определена температура кристаллизации этого минерала в 1000—1050°.

Бронзит ( $Fe_{22-32}$ ) слагает вытянутые пойкилокристаллы, келифитовые оторочки вокруг вкрапленников оливина, а также массу тончайших кристаллитов.

Андезин ( $N_{33-38}$ ) образует мономинеральные скопления тончайших кристаллов, характеризуется высокотемпературным структурным состоянием, т. е. равновесен по отношению к стеклу с содержанием нормативного анортита 7,0 (вычислено по химическому анализу стекла).

Пажонит, постоянно присутствующий в кристаллизующихся стеклах, наблюдается в трех устойчивых морфологических вариантах.

1) мелкие (первые сотые доли миллиметра), неправильные и короткопризматические зерна, заключенные в вулканическом стекле;

2) пойкилокристаллы неправильной, часто изометричной формы с поперечником 0,1—0,4 мм, насыщены вростками минералов промежуточной массы микродолеритов, не испытывавшими плавления (и вследствие этого мало пригодны для отбора);

3) келифитовые оторочки вокруг реликтовых (по отношению к стеклу) вкрапленников оливина и ксенозерен кварца; в таких оторочках пажонит либо монокристаллический, либо представлен множеством радиально расходящихся призматических индивидов.

Во всех выделяемых морфологических типах пажонита заметна кристаллизация его из анатектического стекла. В мелких сферических обо-

соблениях («кашлях» стекла) пижонит содержится в идиоморфных призматических кристаллах, расположенных беспорядочно или радиально по отношению к центру обособлений. В более крупных массах стекла кристаллы пижонита тяготеют к их внешним стенкам, но кое-где сконцентрированы вблизи инородных включений, приспособились к их резорбированному стеклом контурам (рис. 1).

Пижонит в зернах прозрачен, почти бесцветен или окрашен в бледный буровато-зеленый цвет. В шлифах отмечается светло-бурая до бесцветной окраска пижонита. Хорошо выражена призматическая спайность минерала, характерно обилие простых и полисинтетических двойников по (100). Нет признаков распада на фазы.

Оптические свойства пижонита варьируют незначительно. Угол оптических осей, определенный с помощью коноскопирования на столике Федорова<sup>1</sup>, колеблется в пределах (+) 18—26° при угле погасания  $cNg = 35—41°$ . Плоскость оптических осей  $\perp (010)$ , т. е.  $b = Np$ . Дисперсия оптических осей умеренная:  $r < v$ . Величина  $Np = Nm = 1,684—1,692$ , изредка (в периферических зонах наиболее крупных пойкилокристаллов) достигает 1,701—1,704. Соответственно  $Ng = 1,705—1,710$ , местами до 1,728. Полученные константы (Hess, 1949) определяют магниевый состав пижонита:  $Mg_{58-64}Ca_{5-7}Fe_{30-36}$ . В краевых частях пойкилокристаллов пижонит более железистый:  $Mg_{48-51}Ca_{5-7}Fe_{43-47}$ .

### Результаты подробного изучения пижонита

Для более определенной диагностики пижонита впервые для трапсов Сибири была выделена его мономинеральная фракция в количестве около 300 мг. Был использован образец стекловатой породы с низовьев р. Чуя (правого притока Подкаменной Тунгуски), не содержащей, по оптическим данным, других пироксенов. Пижонит в ней развит в виде мельчайших (0,1—0,01 мм) зерен (рис. 2), заключенных в стекле и лишенных каких-либо включений и вростков. Для отделения пижонита от остальных компонентов породы — стекла, плагиоклаза, рудного минерала и кварца — были применены магнитная сепарация, двукратное центрифугирование в бромформе и окончательная очистка пироксенового концентрата под бинокулярной лупой.

Рентгенометрический анализ пижонита выполнен Г. А. Сидоренко. Дебаеграмма его, снятая в камере РКД-57 (Fe-нефильтрованное излучение, 35 kW, 12 mA), оказалась сходной с эталонным пижонитом Закарпатья (Гинзбург, Сидоренко, 1964). По индифференцированию отражений дебаеграммы, полученных в камере РКУ-114 (табл. 2), путем сопоставления с данными для пижонита из Иумото, Япония (Kuno, Hess, 1953), были вычислены размеры элементарной ячейки нашего пижонита:  $a_0 = 9,695 \pm 0,005$ ;  $b_0 = 8,907 \pm 0,005$ ;  $c_0 = 5,234 \pm 0,05$  kX;  $\beta = 72°25' \pm 0°20'$ .

Спектральным анализом пижонита Сибири и Закарпатья определены, в частности, средние (> 1%) значения Ca и примесь Ni и V.

Результаты химического анализа пижонита (произведенного из навески 230 мг Р. Л. Телешовой совместно с Л. С. Абрамовой) и сравниваемых с ним двух других пижонитов, их оптические константы, удельный вес и параметры ячейки приведены в табл. 3.

Химические составы этих трех пижонитов отличаются незначительно. Сибирский пижонит содержит больше CaO, TiO<sub>2</sub> и K<sub>2</sub>O, но меньше Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, FeO, MnO; по отношению Ca : Mg : Fe он более известковистый.

<sup>1</sup> При коноскопировании без столика Федорова получается едва расходящийся крест, и тогда угол  $2V$  определяется как близкий к нулю.

Таблица 2

Межплоскостные расстояния пиконита  
(Cu-нефилтрованное излучение РКУ-114; 40 kw, 16 mA)

<i>hkl</i>	$(d : n) \alpha$	<i>I</i>	<i>hkl</i>	$(d : n) \alpha$	<i>I</i>	<i>hkl</i>	$(d : n) \alpha$	<i>I</i>	<i>hkl</i>	$(d : n) \alpha$	<i>I</i>
—	7,08	1	13 $\bar{1}$	2,354	4	260	1,414	5	—	1,076	6
110	6,36	1	400	(2,275)	2	53 $\bar{1}$	1,388	6	660	1,070	4
200	4,56	2	222	2,226	5	—	1,372	3	513	1,067	3
111	4,40	2	112	2,152	1	—	1,363	1	—	1,064	1
—	4,01	3	331	2,134	7	—	1,350	2	750	1,058	4
—	(3,875)	1	421	2,105	3	—	1,335	4	—	1,052	2
—	3,748	3	402	2,063	1	—	1,318	2	—	1,048	2
—	(3,607)	2	270	2,033	6	—	1,300	1	—	1,044	2
—	(3,508)	4	—	2,001	1	—	1,291	2	—	1,042	1
—	3,435	1	202	1,940	2	—	1,282	2	—	1,035	4
021	3,307	8	422	1,872	1	—	1,275	4	—	1,028	2
220	3,189	10	510	1,825	3	—	1,257	1	—	1,022	2
—	3,112	2	24 $\bar{1}$	(1,785)	4	—	1,242	2	—	1,020	1
221	2,993	10	150	1,750	5	—	1,225	4	—	1,015	2
311	2,918	2	42 $\bar{1}$	1,725	1	—	1,199	1	—	1,010	2
310	2,890	10	151	1,692	1	—	1,188	1	—	1,007	3
—	(2,821)	3	312	1,655	1	—	1,178	2	—	1,005	1
—	(2,729)	2	531	1,620	9	—	1,168	1	—	0,9962	1
—	2,633	1	023	1,555	1	800	1,156	1	—	0,9865	1
131	2,559	9	350	1,540	5	—	1,129	1	—	0,9833	2
112	2,506	4	600	1,532	4	—	1,118	2	—	0,9759	3
002	2,485	5	060	1,484	5	—	1,101	1	—	0,9737	1
22 $\bar{1}$	2,450	6	402	1,470	3	—	1,091	2	—	0,9705	3
—	2,396	1	—	1,455	3	—	1,083	1	—	—	—

Таблица 3

## Состав и свойства пиконитов

	1	2	3		1	2	3
SiO <sub>2</sub>	51,55	51,13	49,30	Плоскость оптических осей Дисперсия <i>cNg</i> <i>Ng</i> <i>Nm</i> <i>Np</i> <i>a</i> <sub>0</sub> <i>b</i> <sub>0</sub> <i>c</i> <sub>0</sub> , Å $\beta$ Ca Mg Fe	$\perp$ (010)	(010)	(010)
TiO <sub>2</sub>	0,70	0,50	0,60		$r < v$	$r - v = 1^\circ$	$r > v$
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,58	1,76	0,68		36—40°	39—43°	—
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,52	4,27	3,83		1,710	1,722	—
FeO	20,08	20,17	23,17		1,686	1,719	1,713
MgO	15,80	16,51	15,38		1,686	1,695	1,713
MnO	0,43	0,47	2,44		9,715	9,740	9,712
CaO	5,49	4,50	3,14		8,925	8,982	8,959
Na <sub>2</sub> O	0,28	0,28	—		5,245	5,235	5,251
K <sub>2</sub> O	0,21	0,06	—		72°25'	70°36'	71°27'
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0,61	0,00	—		7* ; 12	9	7
Сумма	100,26	99,65	98,54		62* ; 48	53	45
Уд. вес (вычисл.)	3,47	3,173	—		31* ; 40	38	48
2 <i>v</i> (+)	20°	22—25°	11—20°				

1 — из микродolerитов п. Чуя, Сибирь (данные авторов); 2 — из крупнопорфирового андезита г. М. Силян, Закарпатье (Гинзбург и др., 1964); 3 — из нереплавленного кварцевого диорита, образующего включение (блок) в пемзе Нумото; вулкан Хаконе, Япония (Kuno, Hess, 1953; Kuno, 1955).

\* По оптическим константам; остальные значения из химических формул.

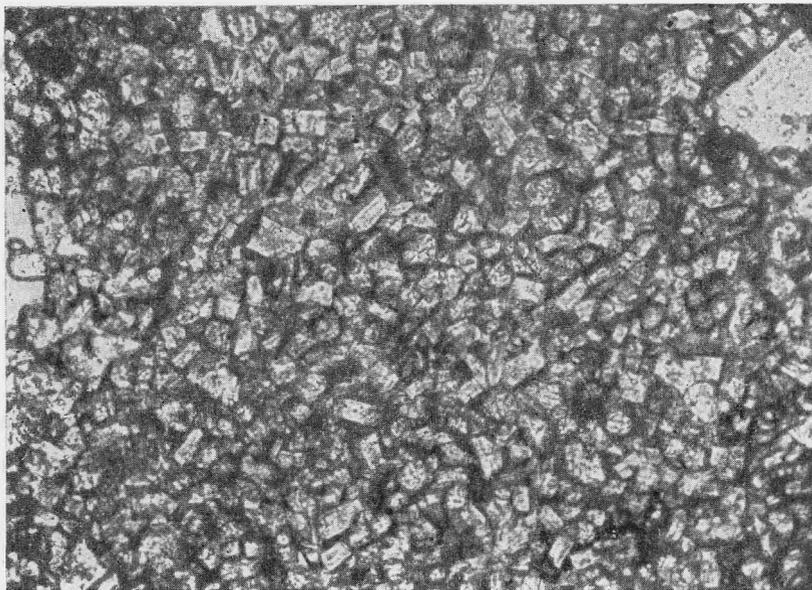
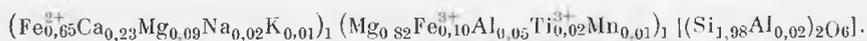


Рис. 2. Микродолерит, из которого были извлечены зерна пижонита для изучения. Увел. 90, при одном никеле

Вычисленная на основе четырех катионов формула пижонита из района р. Чуны, следующая:



Состав, оптика и параметры ячейки пижонитов, судя по данным табл. 3, не поддаются взаимной увязке.

Относительно условий образования пижонитов можно сказать, что только для пижонита из Иумото (анализ 3, табл. 3) указывается нахождение его в переплавленном кварцевом диорите, образующем блоковое включение в пемзе (Kuno, 1955, химический анализ № 15). Более подробных сведений об этом пижоните нет. Подобно ему, описанный здесь пижонит с р. Чуны происходит не из первичного, а из вторичного расплава, возникшего на месте при силификации исходной базальтовой магмы. Все остальные известные по публикациям пижониты (Deer а. о., 1963; Гинзбург и др., 1964; Силицын, 1965) считаются возникшими из «чистой» магмы андезитового или базальтового состава на ранних или более поздних этапах ее кристаллизации, соответственно в приконтактных зонах или на некотором удалении от них. Обязательное условие возникновения пижонитов — быстрая кристаллизация, т. е. закалка.

Состав и свойства пижонита при этом не отражают предшествующую его появлению историю расплава.

Авторы глубоко признательны Г. А. Сидоренко и Р. Л. Телеповой за участие в исследовании пижонита.

## ЛИТЕРАТУРА

- Вакар В. Трапная формация Сибири. — Петрография Восточной Сибири, т. 1, 1962.
- Гинзбург И. В. Современное состояние изученности пироксенов. — Бюлл. МОИП, отд. геол., 1963, 38, вып. 2.
- Гинзбург И. В. Диагностика амфиболов и пироксенов по их дебаеграмме и ее петрогенетическое значение. Физико-химические условия магматизма и метасоматоза. — Труды III Всес. петрогр. совещ. Изд-во «Наука», 1964.
- Гинзбург И. В., Малеев Е. Ф., Сидоренко Г. А., Телешова Р. Л. О новой находке пиконита в СССР. — Докл. АН СССР, 1964, 6.
- Гинзбург И. В., Сидоренко Г. А. Некоторые особенности кристаллохимии пироксенов, выявленные при их диагностике по дебаеграммам. — Минералы СССР, вып. 15. Изд-во «Наука», 1964.
- Годлевский М. Н., Баталиев А. Д. Фемические минералы дифференцированных интрузий Норильского района. — Мин. сб. Львовск. геол. об-ва, 1958, № 12.
- Гоньшакова В. И. О трапах Ангаро-Илимского района (юго-западная часть Сибирской платформы). — Труды ИГН АН СССР, серия петрогр., вып. 147, № 43, 1953.
- Золотухин В. В. Основные закономерности прототектоники и вопросы формирования рудоносных трапных интрузий. Изд-во «Наука», 1964, стр. 94.
- Краковский Ю. С. Некоторые метаморфические и реоморфические явления в эндоконтактовых зонах трапных интрузий. — Тезисы докладов к конференции по петрологии трапов и связанному с ними оруденению. М.—Л., Изд-во «Недра», 1965.
- Краковский Ю. С. Выступление на III Всесоюзном петрографическом совещании. — Сб. «Магматические формации». Изд-во «Наука», 1964.
- Лебедев А. П. О составе породообразующего клинопироксена из трапов р. Чуни (Восточная Сибирь). — Записки Всес. мин. об-ва, 1958, ч. 87, вып. 6.
- Лебединский В. И. О пиконите габбро-диабазов Восточной Вольны. — Мин. сб. Львовск. геол. об-ва, 1949, № 3.
- Лебединский В. И. Пиконит-авгит из интрузивных пород Крыма. — Записки Всес. мин. об-ва, 1961, ч. 90, вып. 5.
- Лодочников В. Н. Главнейшие породообразующие минералы. Госгеолиздат, 1947.
- Масайтис В. Л. Петрология Аламджахской трапной интрузии. — Труды ВСЕГЕИ, т. 22, Госгеолтехиздат, 1958.
- Синицын А. В. Пироксены дифференцированной интрузии долеритов. — Записки Всес. мин. об-ва, 1965, ч. 94, вып. 5.
- Соболев В. С. Петрология трапов Сибирской платформы. — Труды Арктического ин-та, т. 43, 1936.
- Хрянина Л. П. О диабаз-монцоните бассейна р. Учамп (Сибирская платформа). — Материалы по геол. рудн. месторожд., петрогр., минер. и геохим. Изд-во АН СССР, 1959.
- Яковлева М. Е. Петрография дифференцированных габбро-диабазов г. Черная. — Докл. АН СССР, 1947, 55, № 3.
- Benson N. W. The basic igneous rocks of eastern Otago and their tectonic environment. — Trans. Roy. Soc. N. Z., 1944, 74, pt. 1.
- Buddington A. F., Fahey Y., Vlisidis A. Thermometric and petrogenetic significance of titaniferous magnetite. — Amer. J. Sci., 1955, 253, N 9.
- Deer W. A., Howie B. A., Zussman J. Rock-forming minerals, v. 2. London, 1963.
- Hess H. H. Pyroxenes of common mafic magmas. — Amer. Mineralogist, 1941, 26, N 9—10.
- Hess H. H. Chemical composition and optical properties of common clinopyroxenes. — Amer. Mineralogist, 1949, 34, N 9—10.
- Kuno H. Ion substitution in the diopside-ferropigeonite series of clinopyroxenes. — Amer. Mineralogist, 1955, 40, N 1—2.
- Kuno H., Hess H. H. Unit cell dimensions of clinoenstatite and pigeonite in relation to other common clinopyroxenes. — Amer. J. Sci., 1953, 251, N 10.
- Mac-Donald G. A. Pyroxenes in Hawaiian lavas. — Amer. J. Sci., 1944, 242, N 11.
- Morimoto N. The existence of monoclinic pyroxenes with the space group  $C_{2h}^2 - P_{21}^2$ . — Proc. Japan Acad., 1956, 32, N 10.
- Morimoto N., Appleman D. E., Haward T. E. The crystal structure of clinoenstatite and pigeonite. — Z. Kristallogr., 1960, 114, H. 1—2.
- Wahl W. Über einen Magnesiumdipäsid Festschrift Rosenbusch, Stuttgart, 1906.
- Wahl W. Die Enstatitangite. — Tschermaks Mineral. und petrogr. Mitt., 26, 1907.
- Zwaan P. C. On the determination of pyroxenes by x-ray powder diagrams. — Liedse geol. meded., 1955, 19.