

## Пироксени от еоценските седименти от кариерата в района на с. Новоселци, Бургаско

Яна Цветанова, Людмил Грозданов

T z v e t a n o v a, Y., L. G r o z d a n o v. 1995. Pyroxenes from Eocene sediments from the quarry in the area of village Novoseltzi, Burgas district. — *Geochem., Mineral. and Petrol.*, **30**

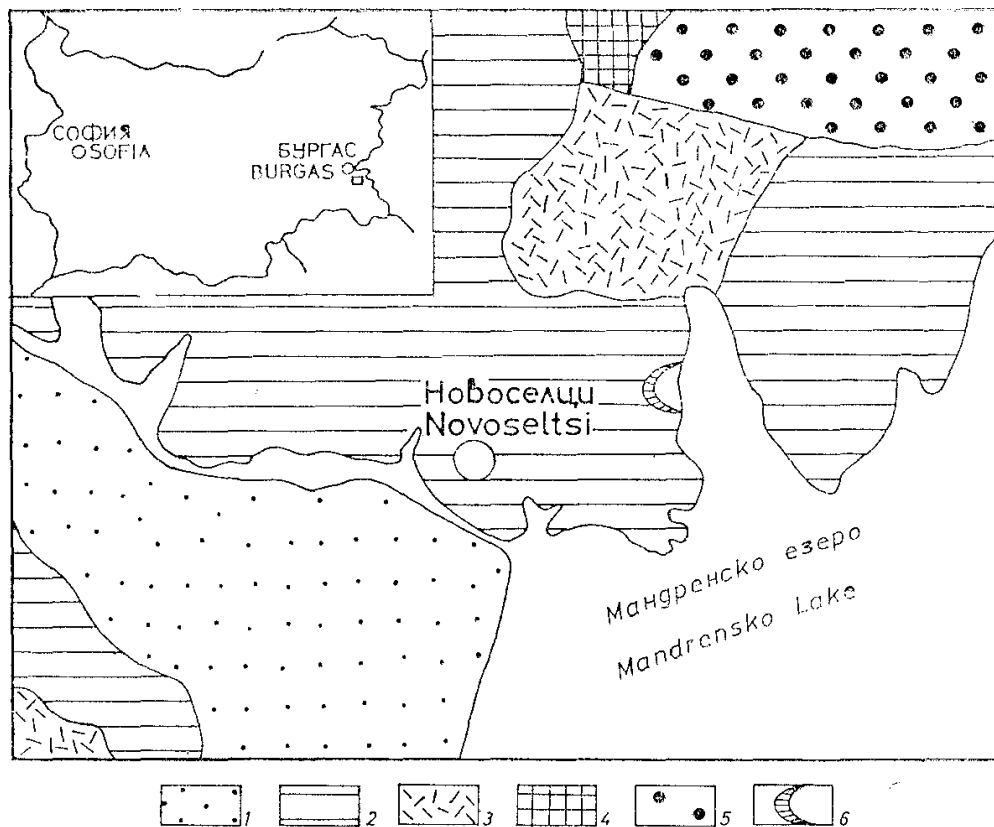
Pyroxenes collected from dark coloured middle-grained sandy levels and quartzitic sandstones from the Eocene sediments of the quarry "Novoseltzi-2" have been investigated. A detailed study of grain size fraction 1,00-0,50 mm has been carried out. The following crystal forms predominate giving the crystal habit:  $a \{100\}$ ,  $b \{010\}$ ,  $m \{110\}$ ,  $s \{\bar{1}11\}$ ,  $z \{021\}$ ,  $x \{221\}$ . The habit varies from prismatic to pseudoisometric. X-ray data and unit cell parameters determine the pyroxenes as monoclinic, from the diopside-augite range. 25 clinopyroxenes, all in isolated grains, have been analysed by electron microprobe. According to the chemical peculiarities the studied pyroxenes can be determined as following mineral varieties: iron-aluminium diopsides, chromium iron-aluminium diopsides, augires, chromium augites, diopsides, iron diopsides, chromium diopsides. The clinopyroxenes from the middle-grained sandy levels can be divided into two groups differing in: 1) their  $\text{SiO}_2$  and  $\text{Al}_2\text{O}_3$  contents; 2) amount of  $\text{Fe}_{\text{tot}}$ ; 3) Al IV — Al VI relation. These differences can be interpreted as an evidence for the different origin of the clinopyroxenes studied from two types volcanic rocks. The pyroxenes from both groups are probably related to trachyandesite-trachybasaltic formation from the subalkaline series in the region. The pyroxenes from the quartzitic sandstones are with higher content of  $\text{Fe}^*$  ( $\text{Fe}^* = \text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+} + \text{Mn}$ ) and lower ratio  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ . On the basis of the studies made it could be concluded that these pyroxenes had been formed in the rocks from the alkaline series.

*Key words:* clinopyroxenes, morphology, diopside, augite, Burgas region.

*Address:* Y. T z v e t a n o v a — Bulgarian Academy of Sciences, Institute of Applied Mineralogy, 92, Rakovski Str., 1000 Sofia; L. G r o z d a n o v — Bulgarian Academy of Sciences, Geological Institute, 1113 Sofia.

### Увод

Кариерата за инертни материали „Новоселци-2“ се намира на около 15 km югозападно от Бургас и на около 3 km североизточно от с. Новоселци, на брега на Мандренското езеро (фиг. 1). Скалите, разкрити в кариерната изработка, са представени от конгломерати, дребно- до среднозърнести слабоспоени пясъчници, пъстроцветни глини, пясъци и чакъли. Относно възрастта на скалите съществуват различни мнения (Гочев, 1933; Мандев, 1954; Белмустакков, 1958; Чернявска, 1970). Според Джуранов (1992) скалите край с. Новоселци представляват долните



Фиг. 1. Геоложка карта на района около с. Новоселци (по Петрова и др., 1980; със съкращения)

1 — кватернер; 2 — приабон; 3 — Демиркьойска подсвита на Равногорската свита; 4 — потоци и силове от алкални мелатрахити; 5 — Кукулятска свита; 6 — карьерата при с. Новоселци

Fig. 1. Geologic map of the Novoseltzi region (after Petrova et al, 1980, with reduction)  
1 — Quaternary; 2 — Priabonian; 3 — Demirkoi Member of Ravnogor Formation; 4 — Flows and sills from alkaline melatrachytes; 5 — Kukulyat Formation; 6 — quarry by Novoseltzi

нива на отделената от него Равнецка свита със средно еоценска — бартонска възраст.

Досегашното изучаване на тези скали има главно литоложка, стратиграфска и палеонтоложка насоченост. Специализирани минераложки изследвания са публикувани за златото и платиновите минерали от находището (Атанасов, 1987; Цинцов, Петров, 1992; Вонев et al., 1982).

Настоящата работа има за цел да представи данни за морфологията, фазовата идентификация, химизма и генезиса на пироксени от богати на този минерал седименти в карьерата.

## Материал и методика

Изследвани са пироксени от два типа седиментни скали:

1. Тъмноцветни среднозърнести пясъци с къса слоестост, с променлива дебелина, достигаща максимум 50—60 cm и дължина около 35—40 m. Опробването е браздово, като събраната проба е в обем 20 dm<sup>3</sup>. Съдържанието на пироксени в минералния състав на пясъците е около 80%, като в подчинено количество се наблюдават кварц, магнетит, фелдшпати, хром-

шпинелиди, илменит, циркон и дребни късчета от вулкански скали с овални контури, изградени от плътна сивозеленикава основна маса с пироксенови порфири.

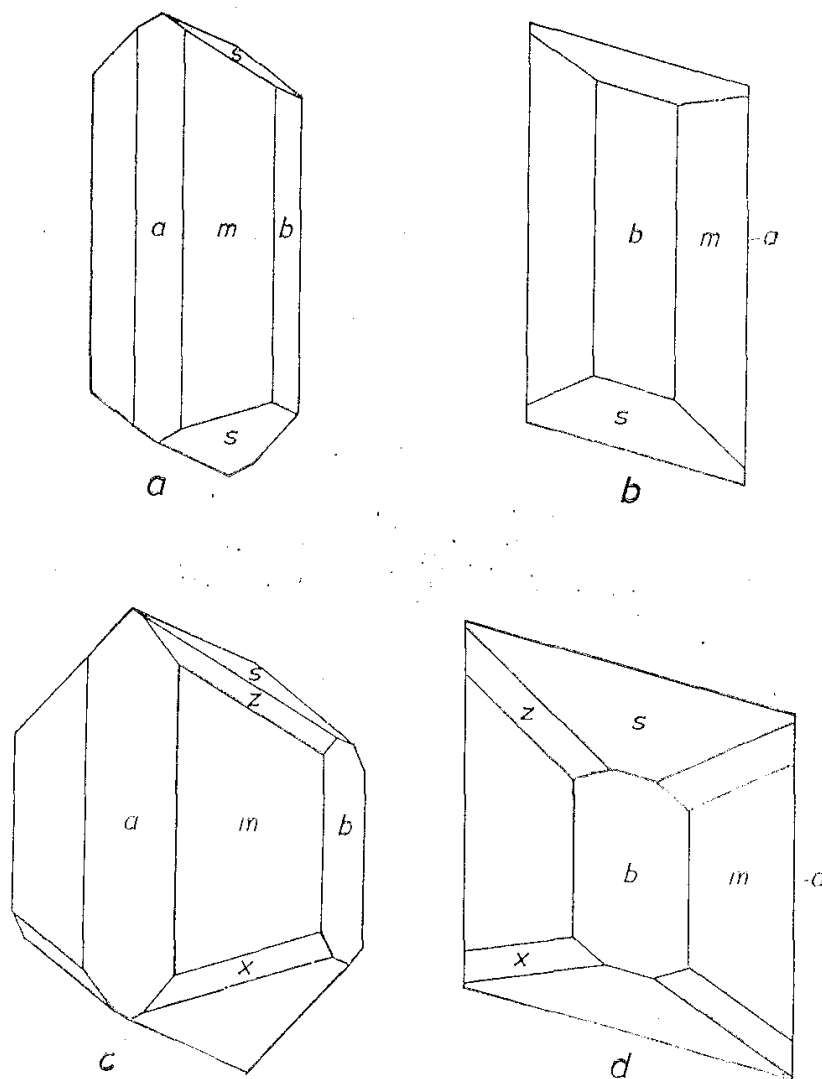
2. Късове кварцитовидни пясъчници, вместени сред глинести прослойки. Получен е изкуствен шлах, в тежката фракция на който освен пироксен се установяват магнетит, илменит, циркон, корунд, апатит, гранати, епидот, рутил, анатаз, турмалин, монацит, хлорит, титанит и хромшпинелиди.

Отделянето на мономинерални фракции чрез гравитационна, магнитна и електромагнитна сепарация и разделянето през сита е извършено в Лабораторията за подготовка на проби при ИПМ. За изясняване на морфоложките особености на пироксеновите кристали, под бинокулярна лупа са отбрани отделни индивиди и срастъци и изследвани на сканиращ електронен микроскоп. При представяне на резултатите е използвана програмата SHARPE IBM-PC Version 3.1 (D o w t y, 1989). Фазовата идентификация е извършена с прахова рентгенова дифрактометрия (ДРОН УМ-1). Химичният състав на отделни пироксенови зърна и съставът на включенията са определени с рентгеноспектрален микроанализ (апаратура Philips 515 SEM с аналитична система 9100 EDAX), при ускоряващо напрежение  $U=18\text{ kV}$  и с използване на стандарти. За установяване на микрокомпонентния състав на различните разновидности пироксени са направени спектрални анализи. На предварително подбрани оптично хомогенни кристални фрагменти са получени параметрите на елементарната клетка на монокристален дифрактометър CAD-4, с  $Co_{K\alpha}$  радиация.

## Резултати от изследването

Детайлни изследвания са проведени на електромагнитна фракция с размери на зърната  $1,00-0,50\text{ }\mu\text{m}$ . Дължината на пироксеновите кристали по оста  $c$  варира от 0,  $n$  до  $1,5\text{ }\mu\text{m}$ . Преобладаващата част от пироксеновите индивиди е с неправилни, ъгловати контурни очертания, явно получени в резултат от натрошаване. По-рядко се наблюдават кристали с добре развити форми или с назъбени контури. Както зърната с неправилни очертания, така и с тези с добре изразено остенияване, не показват наченки на заобляване, което дава основание за извода, че те не са претърпели дълъг транспорт. В повечето пироксенови индивиди се установяват включения от магнетит, магномагнетит и хромшпинелиди с добре оформени октаедрични кристали.

Изследваните на сканиращ електронен микроскоп монокристали и срастъци са представени на табл. I и II. На по-голямата част от добре остепените пироксенови кристали са установени визуално следните форми:  $a\{100\}$ ,  $b\{010\}$ ,  $m\{110\}$ ,  $s\{\bar{1}11\}$ , които според теоретичните изследвания на F l e e t (1975) са най-срещаните форми за богати на Ca клинопироксени. Подобни кристали се откриват в атласа на G o l d s c h m i d t (1922 — Taf. 7, Fig. 3; Taf. 17, Fig. 152). Хабитусът варира от призматичен —  $A_1^c$  тип до псевдоизометричен —  $A_1^c$  тип по K o s t o v (1968). Отношението на  $[010]:[001]$  е 1:3 за максимално удължените по оста  $c$  кристали, за които е характерно приблизително еднакво площно развитие на  $\{110\}$ ,  $\{100\}$  и  $\{010\}$  (табл. I, 1). При отношение на  $[010]:[001]$  около 1:2 се наблюдават вариации в площното развитие на формите  $\{100\}$  и  $\{010\}$ , като при по-силно развитие на  $\{100\}$ , намалява развитието на  $\{010\}$  (табл. I, 2 и 3; фиг. 2,  $a$  и  $b$ ). При късопризматичните индивиди доминира предният пинакоид, докато страничният пинакоид има сравнително по-слабо развитие (табл. I,



Фиг. 2. Изчертани по програмата SHAPE (D o w t y, 1989) пироксенови кристали, идентични с изследваните

*a* и *b* — призматичен кристал, остенен от формите  $a \{100\}$ ,  $b \{010\}$ ,  $m \{110\}$  и  $s \{\bar{1}11\}$ ;  
*c* и *d* — псевдоизометричен кристал с развити следните форми:  $a \{100\}$ ,  $b \{010\}$ ,  
 $m \{110\}$ ,  $s \{\bar{1}11\}$ ,  $z \{021\}$  и  $x \{\bar{2}21\}$

Fig. 2. Drawn by SHAPE computer program (D o w t y, 1989) pyroxene crystals, similar to the analysed pyroxenes

*a* and *b* — prismatic crystal bounded by  $a \{100\}$ ,  $b \{010\}$ ,  $m \{110\}$  and  $s \{\bar{1}11\}$  forms;  
*c* and *d* — pseudoisometric crystal with following developed forms:  $a \{100\}$ ,  $b \{010\}$ ,  
 $m \{110\}$ ,  $s \{\bar{1}11\}$ ,  $z \{021\}$  and  $x \{\bar{2}21\}$

4). Кристалите с псевдоизометричен хабитус се характеризират с приблизително еднакво развитие на  $\{110\}$  и  $\{\bar{1}11\}$ , като в редки случаи се появяват формите  $z \{021\}$  и  $x \{\bar{2}21\}$ , утъпяващи ръба между  $\{110\}$  и  $\{\bar{1}11\}$  (табл. I, 5), потвърдени от изчертаните форми по програмата SHAPE IBM-PC (D o w t y, 1989) (фиг. 2, *c* и *d*). При псевдоизометричните индивиди се установяват отчетливо изразени концентрични слоеве на растеж (табл. I, 5; табл. II, 1). Van Ranshuys-Sigler & Hartman (1981) извеждат за плътните F-стени на моноклинните пироксени следния ред в посока на намаляваща важност:  $\{110\}$ ,  $\{010\}$ ,  $\{100\}$ ,  $\{\bar{1}11\}$ ,  $\{\bar{2}21\}$ ,  $\{111\}$ ,  $\{021\}$ ,  $\{001\}$ ,  $\{221\}$ ,  $\{011\}$ . Приблизително този ред се наблюдава и за определените форми на описаните природни пироксени. Често срещани са допирателни и проник-

ващи срастъци от два, три и повече индивида, както и нарастване върху различни стени на основния индивид на паразитни кристали, с различно направление на оста  $c$  (табл. II, 2—6).

Според разработената от Костов (1968, 1977) концепция за влиянието на условията на образуване върху кристалния хабитус на минералите, за минералите с аксиален тип структура са характерни призматични „генотипни“ кристални хабитуси, като с увеличаване скоростта на кристализация и увеличаване на пресищането се наблюдава склонност от скъсени към удължени, паралелно на структурния мотив, „фенотипни“ кристални хабитуси  $\rightarrow A_2^c \rightarrow A_i^c \rightarrow A_1^c$ . В съответствие с посочената концепция, за описаните пироксени с псевдоизометричен хабитус може да се предположи образуване в среда с по-ниска степен на пресищане и по-ниска скорост на кристализация, за разлика от пироксените с призматичен хабитус. Възможно е и образуване на кристалите с псевдоизометричен хабитус при висока температура (Костов, 1993, с. 393).

Цветът на пироксените варира от тъмнозелен- почти черен, през жълтозелен до светлозелен. Данните от химичните анализи показват, че с увеличаване на съдържанието на желязото цветът на минерала става по-тъмен. Тъмнозелените и жълтозелените разновидности по-често образуват добре остенени кристали, докато светлозелените рядко имат запазени кристалографски форми. Данните от праховата рентгенова дифрактометрия и параметрите на елементарната клетка показват принадлежност и на трите цветови разновидности към моноклинните пироксени от реда диопсид — авгит (табл. 1).

Резултатите от направените рентгеноспектрални микроанализи на 25 пироксенови кристала (общо 37 точкови анализа) са представени на табл. 2. Кристалохимичните формули са преизчислени на база 4 катиона, а  $Fe^{3+}$  — по формулата на Vieten & Ham (1978)  $Fe^{3+} = Na + [Al^{IV} - (Al^{VI} + 2Ti)]$ . На диаграмата Q — J (Morimoto, Kitamura, 1983) за предварителна класификация на пироксените, където  $Q = Ca + Mg + Fe^{2+}$ , а  $J = 2Na$ , всички фигуративни точки попадат в полето на Ca-Mg-Fe — пироксени (фиг. 3). За определяне на вида на пироксена, точките, съответ-

Таблица 1

Параметри на елементарната клетка на изследваните моноклинни пироксени

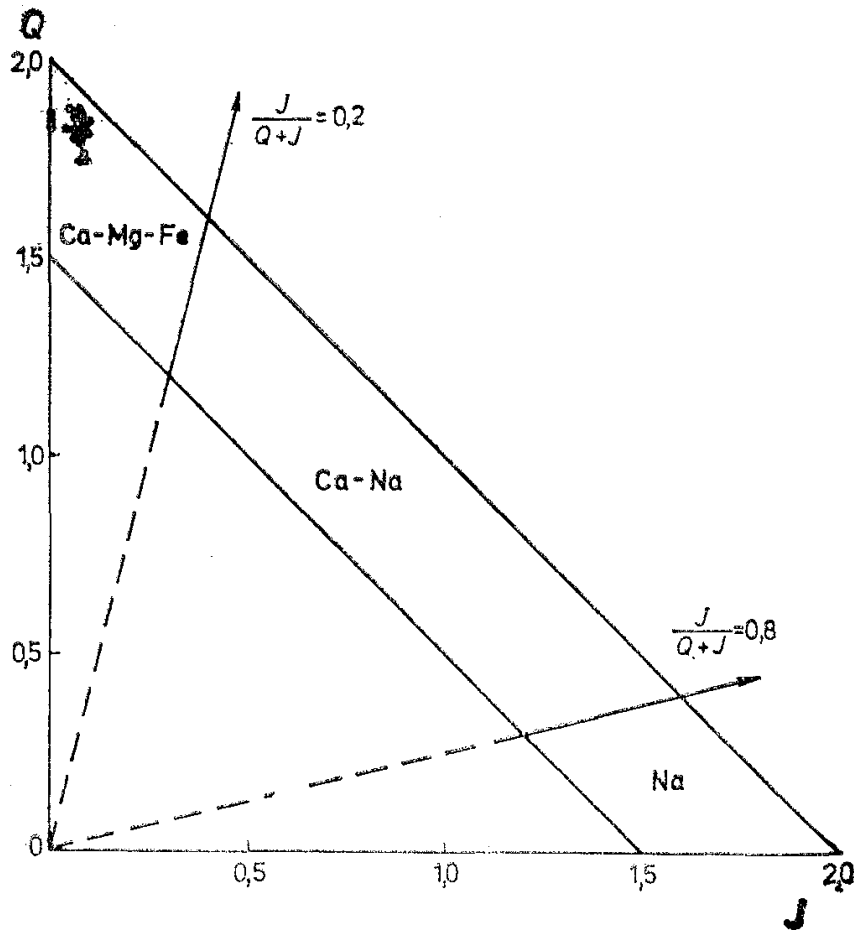
Table 1

Unit-cell parameters of the monoclinic pyroxenes studied

	H-1	H-2	H-3
$a$ (Å)	9,716 (6)	9,752 (2)	9,750 (3)
$b$	8,903 (3)	8,919 (2)	8,919 (2)
$c$	5,269 (3)	5,262 (7)	5,258 (1)
$\beta$	105,33 (1)	106,10 (1)	105,99 (2)
$V$ (Å <sup>3</sup> )	439,53	439,82	439,56

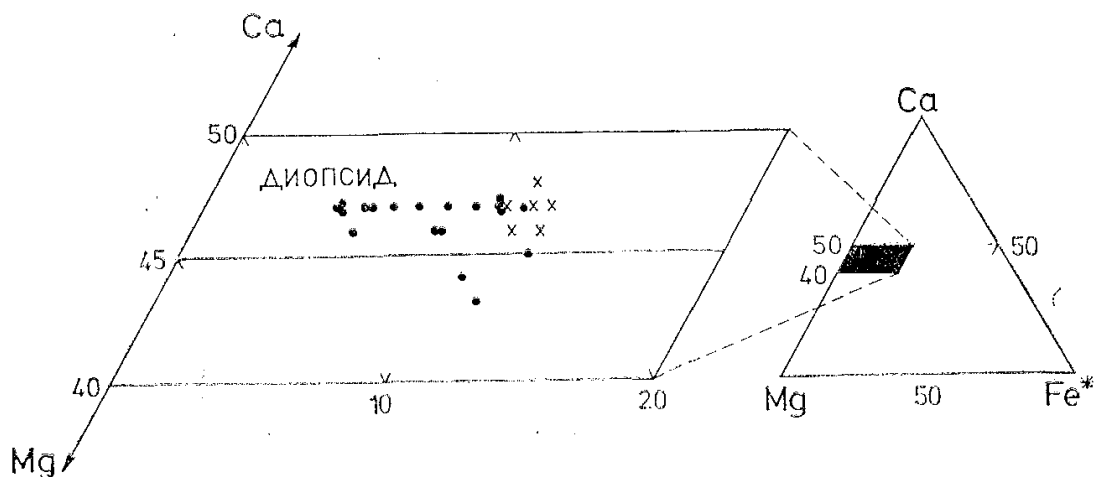
H-1 — тъмнозелен желязо-алуминиев диопсид;  
H-2 — жълтозелен диопсид; H-3 — светлозелен диопсид;  
Условия на снимане: CAD — 4 дифрактометър,  
50 kV, 20 mA,  $Co_{K\alpha}$  радиация.

Аналитик: Росица Николова от ЛРСА при ИПМ.



Фиг. 3. Q — J диаграма за минералите от групата на пироксените (по M o r i m o t o, K i t a m u r a, 1983) и нанесени на нея състави на анализираните пироксени от кариерата „Новоселци-2“

Fig. 3. Q — J diagram for pyroxene group (after M o r i m o t o, K i t a m u r a, 1983) in which are plotted the compositions of the analysed pyroxenes from quarry “Novoseltzi-2”



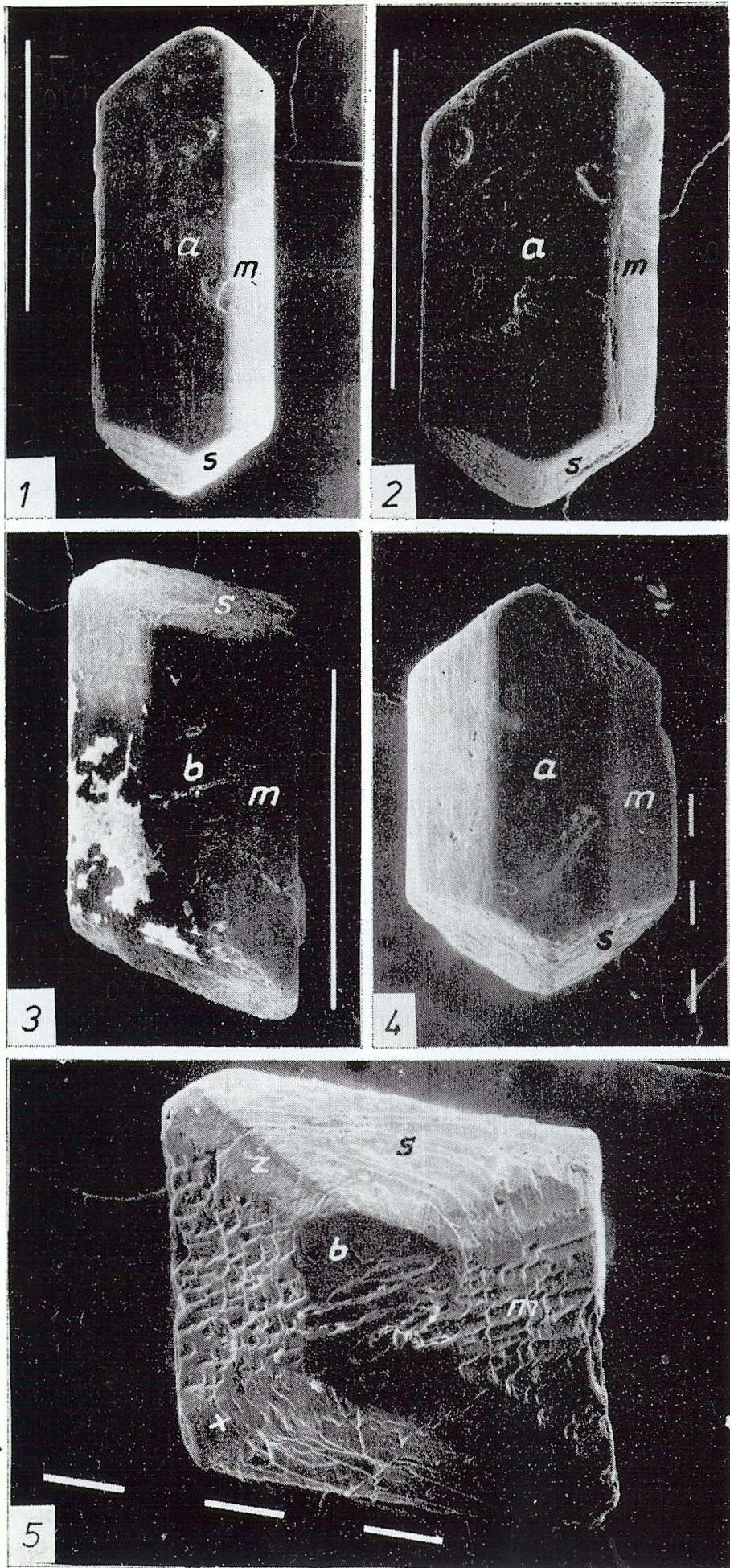
Фиг. 4. Химичен състав на пироксени от еоценските седименти от кариерата „Новоселци-2“ на конвенционалната диаграма Ca-Mg-Fe\* (Fe\* = Fe<sup>2+</sup> + Fe<sup>3+</sup> + Mn)

● — пироксени от среднозърнести пясъци; x — пироксени от кварцитовидни пясъчници

Fig. 4. Chemical composition of clinopyroxenes from Eocene sediments in the conventional diagram Ca-Mg-Fe\* (Fe\* = Fe<sup>2+</sup> + Fe<sup>3+</sup> + Mn)

● — pyroxenes from middle-grained sandy levels; x — pyroxenes from quartzitic sandstones







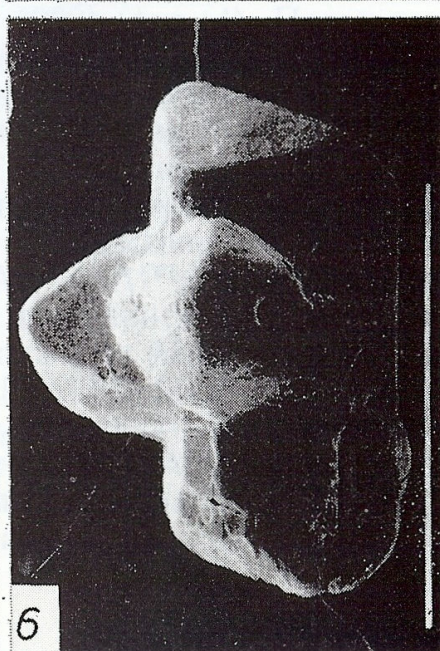
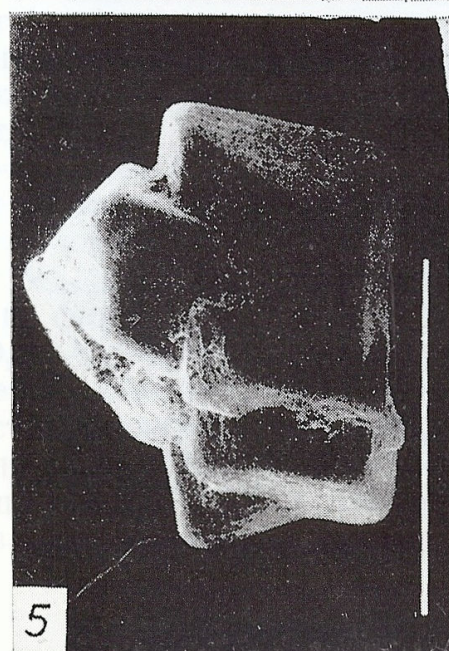
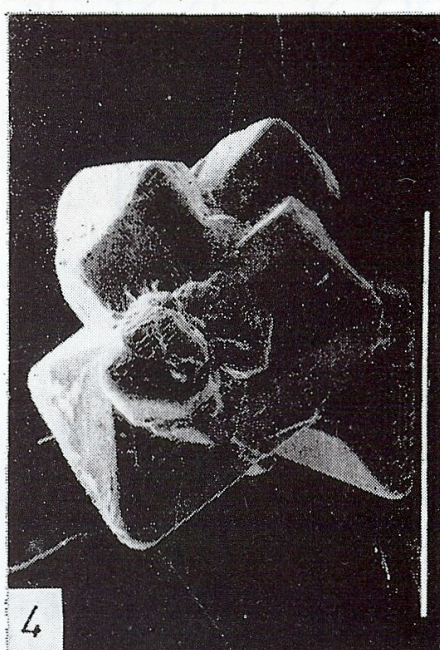
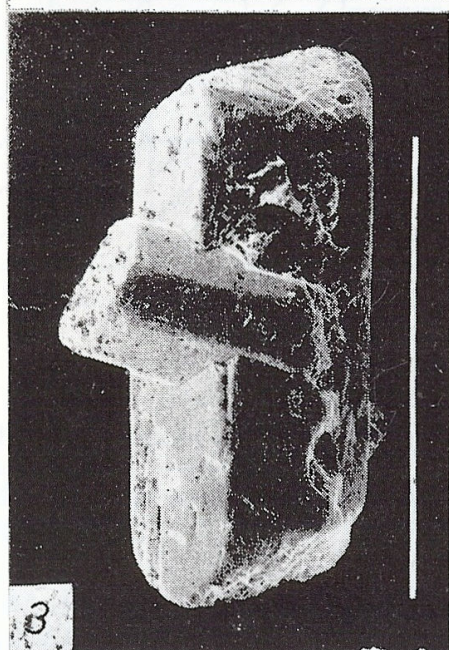
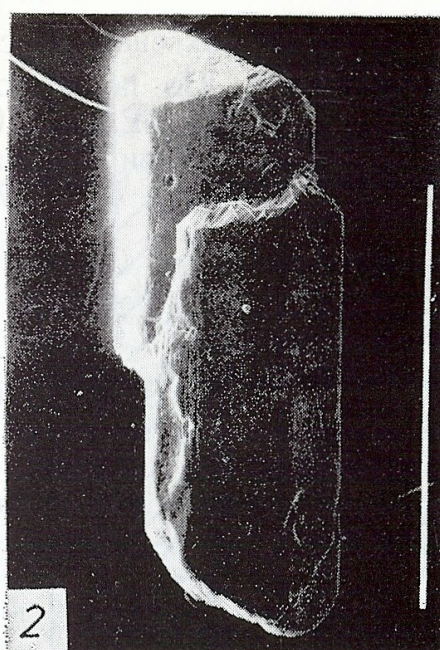
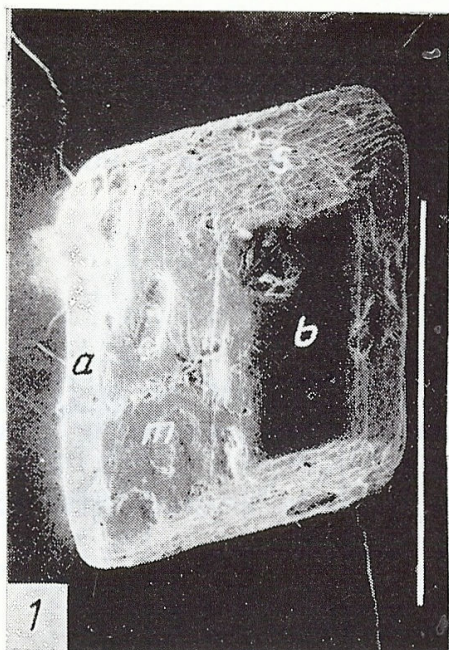
## ТАБЛИЦА I

1. Пироксенов кристал с призматичен хабитус, остенен от  $s \{\bar{1}11\}$  и приблизително еднакво развити  $m \{110\}$ ,  $b \{010\}$  и  $a \{100\}$ .  $[010]:[001]=1:3$ . SEM,  $\times 60$
2. Пироксенов кристал с добре развити  $m \{110\}$ ,  $a \{100\}$  и  $s \{\bar{1}11\}$  форми и по-слабо представена  $b \{010\}$ .  $[010]:[001]=1:2$ . SEM,  $\times 75$
3. Призматичен пироксенов кристал с преобладаващо развитие на формите  $m \{110\}$ ,  $b \{010\}$  и  $s \{\bar{1}11\}$  и по-слабо на  $a \{100\}$ .  $[010]:[001]=1:2$ . SEM,  $\times 75$
4. Късопризматичен пироксенов кристал. Наблюдават се следните форми:  $a \{100\}$ ,  $m \{110\}$ ,  $b \{010\}$  и  $s \{\bar{1}11\}$ . SEM,  $\times 100$
5. Псевдоизометричен пироксенов монокристал, характеризиращ се с комбинация от следните прости форми:  $b \{010\}$ ,  $m \{110\}$ ,  $a \{100\}$ ,  $s \{\bar{1}11\}$ ,  $z \{021\}$  и  $x \{\bar{2}21\}$ . По повърхността на стените се наблюдават концентрични слоеве на растеж. SEM,  $\times 130$

## PLATE I

1. Pyroxene crystal with prismatic habit, bounded by  $s \{\bar{1}11\}$  and approximately equally developed  $m \{110\}$ ,  $b \{010\}$  and  $a \{100\}$  faces.  $[010]:[001]=1:3$ . SEM,  $\times 60$
2. Pyroxene crystal with well developed  $m \{110\}$ ,  $a \{100\}$  and  $s \{\bar{1}11\}$  forms. The face  $b \{010\}$  is less pronounced.  $[010]:[001]=1:2$ . SEM,  $\times 75$
3. Prismatic pyroxene crystal with predominant development of  $m \{110\}$ ,  $b \{010\}$  and  $s \{\bar{1}11\}$ .  $a \{100\}$  is less pronounced.  $[010]:[001]=1:2$ . SEM,  $\times 75$
4. Shortprismatic pyroxene crystal. The following forms are observed:  $a \{100\}$ ,  $m \{110\}$ ,  $b \{010\}$  and  $s \{\bar{1}11\}$ . SEM,  $\times 100$
5. Pseudoisometric pyroxene crystal, which is characterized by a combination of following forms:  $b \{010\}$ ,  $m \{110\}$ ,  $a \{100\}$ ,  $s \{\bar{1}11\}$ ,  $z \{021\}$  and  $x \{\bar{2}21\}$ . On the faces are observed concentric growth traces. SEM,  $\times 130$







## ТАБЛИЦА II

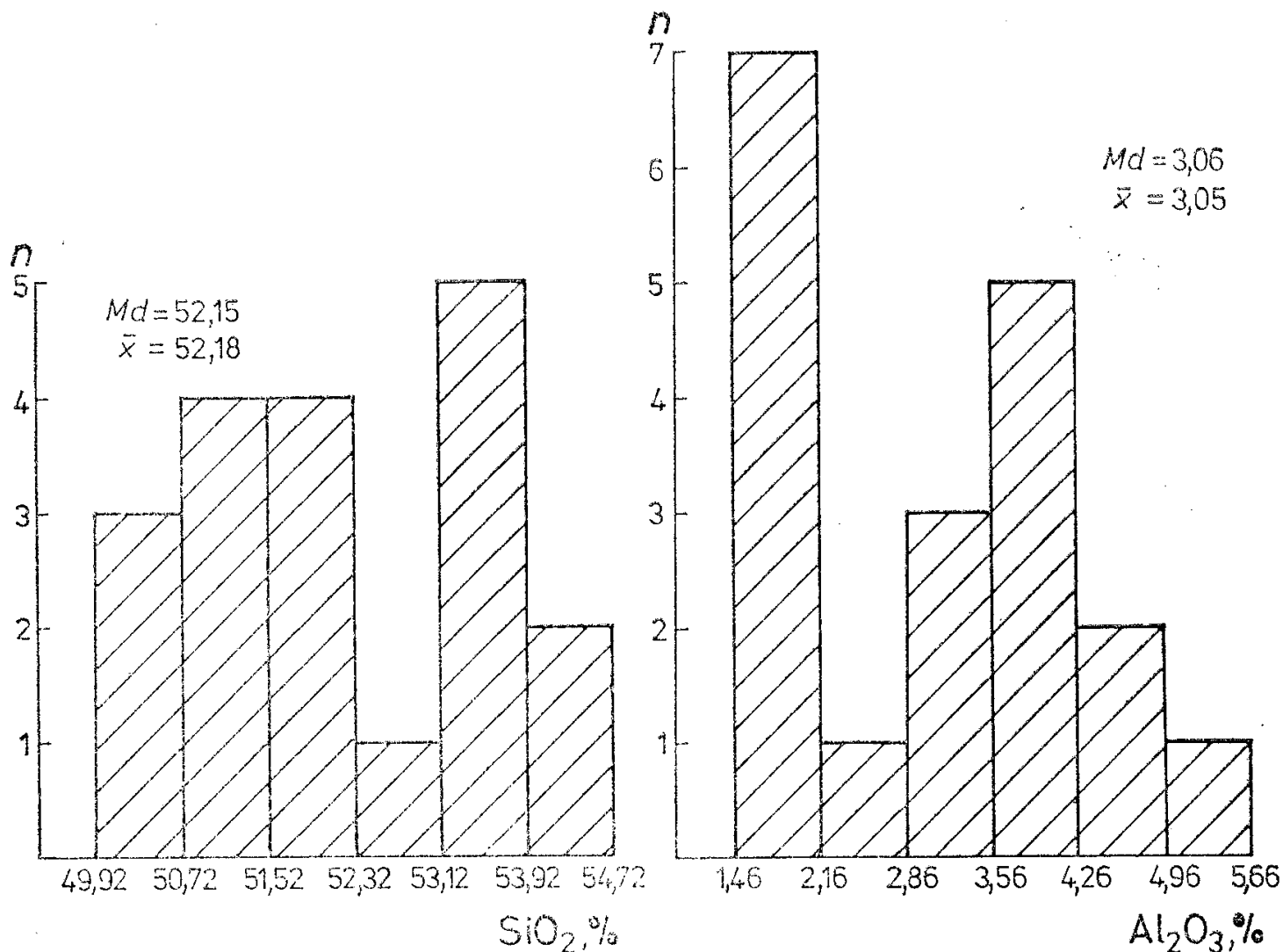
1. Псевдоизометричен пироксенов кристал с развитие на формите  $m \{110\}$ ,  $s \{\bar{1}11\}$ ,  $b \{010\}$ ,  $a \{100\}$ . По повърхността на стените се наблюдават концентрични слоеве на растеж. SEM,  $\times 70$

2—6. Срастъци на пироксенови кристали от два, три и повече индивида. SEM, 2 и 6 —  $\times 75$ ; 3 —  $\times 80$ ; 4 —  $\times 70$ ; 5 —  $\times 60$

## PLATE II

1. Pseudoisometric pyroxene crystal with development of  $m \{110\}$ ,  $s \{\bar{1}11\}$ ,  $b \{010\}$  and  $a \{100\}$  faces. On the faces are observed concentric growth traces. SEM,  $\times 70$

2—6. Intergrowth of one, two and more pyroxene crystals. SEM, 2 and 6 —  $\times 75$ ; 3 —  $\times 80$ ; 4 —  $\times 70$ ; 5 —  $\times 60$



Фиг. 5, а и б. Хистограми на разпределение на SiO<sub>2</sub> и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> за анализираните пироксени от среднозърнестите пясъци  
 Fig. 5, a and b. Histograms of SiO<sub>2</sub> and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> contents in analysed pyroxenes from middle-grained sandy levels

стиващи на данните от приведените кристалохимични формули (табл. 2) са нанесени на триъгълната диаграма с координати: енстатит, феросилит и воластонит (по М о р и м о т о и др., 1989) (фиг. 4). Почти всички състави попадат в полето на диопсида, с изключение на анализи А-7 и А-9, които са в авгитовото поле и А-8 — на границата диопсид-авгит. Клинопироксените от кварцитовидните пясъчници отчетливо се различават от тези в пясъците, поради по-високото съдържание на Fe\*. По химизъм пироксените от пясъците могат да бъдат обособени в две групи (групи А и С от табл. 2), различаващи се по следните особености: 1) съдържание на SiO<sub>2</sub> и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 2) количество на Fe<sub>общо</sub>; 3) отношение на Al<sup>IV</sup> — Al<sup>VI</sup>. Тези особености изпъкват отчетливо на фиг. 5, а и б, където са показани хистограмите на разпределение на SiO<sub>2</sub> и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Както за SiO<sub>2</sub>, така и за Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> е характерно бимодално разпределение с главни моди 51, 52 и 53, 52 за SiO<sub>2</sub> и 1,81 и 3,91 — за Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Средните съдържания на SiO<sub>2</sub> и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> за всички анализирани пироксени са респективно 52,18 и 3,05. Отношението Al<sup>IV</sup> — Al<sup>VI</sup> е представено на фиг. 6, където също ясно се отделят две групи. Тези разлики могат да се тълкуват като доказателство за произход от различни типове скали.

Таблица 2

Химичен състав, кристалохимични формули и Q—J параметри на пироксени от Новоселци

Table 2

Chemical composition crystallochemical formulae and Q—J parameters of the Novoseltzi pyroxenes

	A—1	A—2	A—3	A—4	A—5	A—6	A—7	A—8	A—9	A—10	A—11	A—12
SiO <sub>2</sub>	51,60	51,50	52,57	51,71	50,39	52,24	51,06	50,50	50,95	52,15	50,88	49,92
TiO <sub>2</sub>	0,00	0,07	0,00	0,16	0,14	0,00	0,42	0,45	0,20	0,00	0,10	0,16
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,80	3,47	2,89	3,56	4,35	2,85	3,99	5,02	4,06	3,06	3,78	4,91
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,88	0,09	0,33	0,21	0,00	0,36	0,29	0,23	0,29	0,28	0,04	0,18
FeO (tot)	4,83	7,35	5,68	6,80	7,37	5,51	7,40	8,06	6,97	5,45	6,70	7,10
MnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28	0,22	0,22	0,00	0,14	0,00
MgO	15,92	15,23	15,75	15,12	14,21	15,75	16,24	15,11	15,88	15,94	15,08	14,54
CaO	23,12	23,07	23,82	23,02	22,90	22,41	21,98	22,25	22,01	23,04	23,13	22,88
Na <sub>2</sub> O	0,00	0,49	0,44	0,50	0,52	0,42	0,00	0,51	0,00	0,52	0,65	0,61
Tot.	100,15	101,27	101,48	101,08	99,88	99,54	101,66	102,35	100,58	100,44	100,50	100,30
Si	1,888	1,879	1,897	1,879	1,857	1,921	1,849	1,816	1,864	1,896	1,856	1,826
Al <sup>IV</sup>	0,112	0,121	0,103	0,121	0,143	0,079	0,151	0,184	0,136	0,104	0,144	0,174
Al <sup>VI</sup>	0,052	0,029	0,020	0,031	0,046	0,045	0,019	0,028	0,039	0,027	0,019	0,038
Fe <sup>3+</sup>	0,060	0,123	0,114	0,116	0,127	0,064	0,110	0,168	0,087	0,114	0,165	0,170
Ti <sup>4+</sup>	0,000	0,002	0,000	0,005	0,004	0,000	0,011	0,012	0,005	0,000	0,003	0,005
Cr <sup>3+</sup>	0,026	0,003	0,009	0,006	0,000	0,010	0,008	0,007	0,008	0,008	0,001	0,005
Mg	0,868	0,828	0,848	0,819	0,781	0,864	0,877	0,811	0,866	0,864	0,820	0,793
Fe <sup>2+</sup>	0,088	0,079	0,057	0,091	0,101	0,106	0,114	0,074	0,126	0,052	0,039	0,047
Mn <sup>2+</sup>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,009	0,007	0,007	0,000	0,004	0,000
Ca	0,906	0,901	0,921	0,896	0,904	0,883	0,853	0,857	0,863	0,897	0,904	0,897
Na	0,000	0,035	0,031	0,036	0,038	0,030	0,000	0,036	0,000	0,037	0,046	0,044
Q	1,86	1,81	1,83	1,81	1,79	1,85	1,84	1,74	1,86	1,81	1,76	1,74
J	0,00	0,07	0,06	0,07	0,08	0,06	0,00	0,07	0,00	0,07	0,09	0,09
Ca	47	47	47	47	47	46	43	45	44	46	47	47
Mg	45	43	44	43	41	45	45	42	44	45	42	42
Fe*	8	10	9	11	12	9	12	13	11	9	11	11

Характерно за състава на голяма част от изследваните пироксенови зърна е сравнително високото съдържание на Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Като хромови диопсиди, респективно авгити са определени онези пироксени, количеството на Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в които е по-голямо от 0,28% (Минералы, 1981) или Cr<sup>3+</sup> е повече от 0,01 атома на формулна единица (Моримото и др., 1989). Това са анализи А-1, А-3, А-6, А-7, А-9, А-10, С-1, С-4, С-5, С-7, К-2 и К-6 от табл. 2.

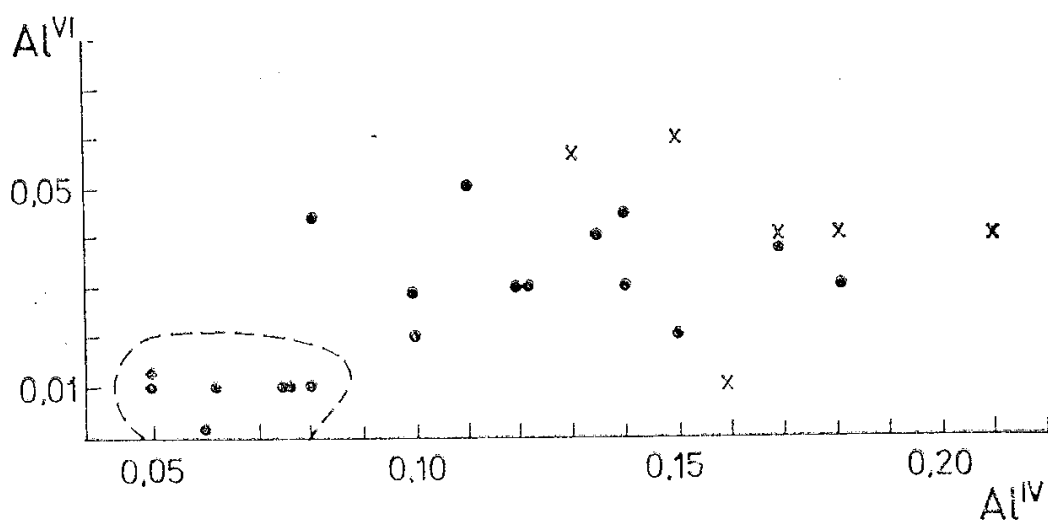
Количествата на Ti, Mn и Na са сравнително ниски, като съдържанието на TiO<sub>2</sub> варира от 0,00 до 0,53%, на MnO — от 0,00 до 0,28%, а на Na<sub>2</sub>O — от 0,00 до 0,67%.

Съществени различия в микрокомпонентния състав на различните разновидности не се установяват. Резултатите от полуколичествения спектрален анализ показват присъствие на Ni и Sc от порядъка на 0,0n%, на Sr, V, Zr и Co — 0,00n%, на Cu, Bi, Yb и Ag — 0,000n%, на Mo, Ga и Ge — 0,0000n%.

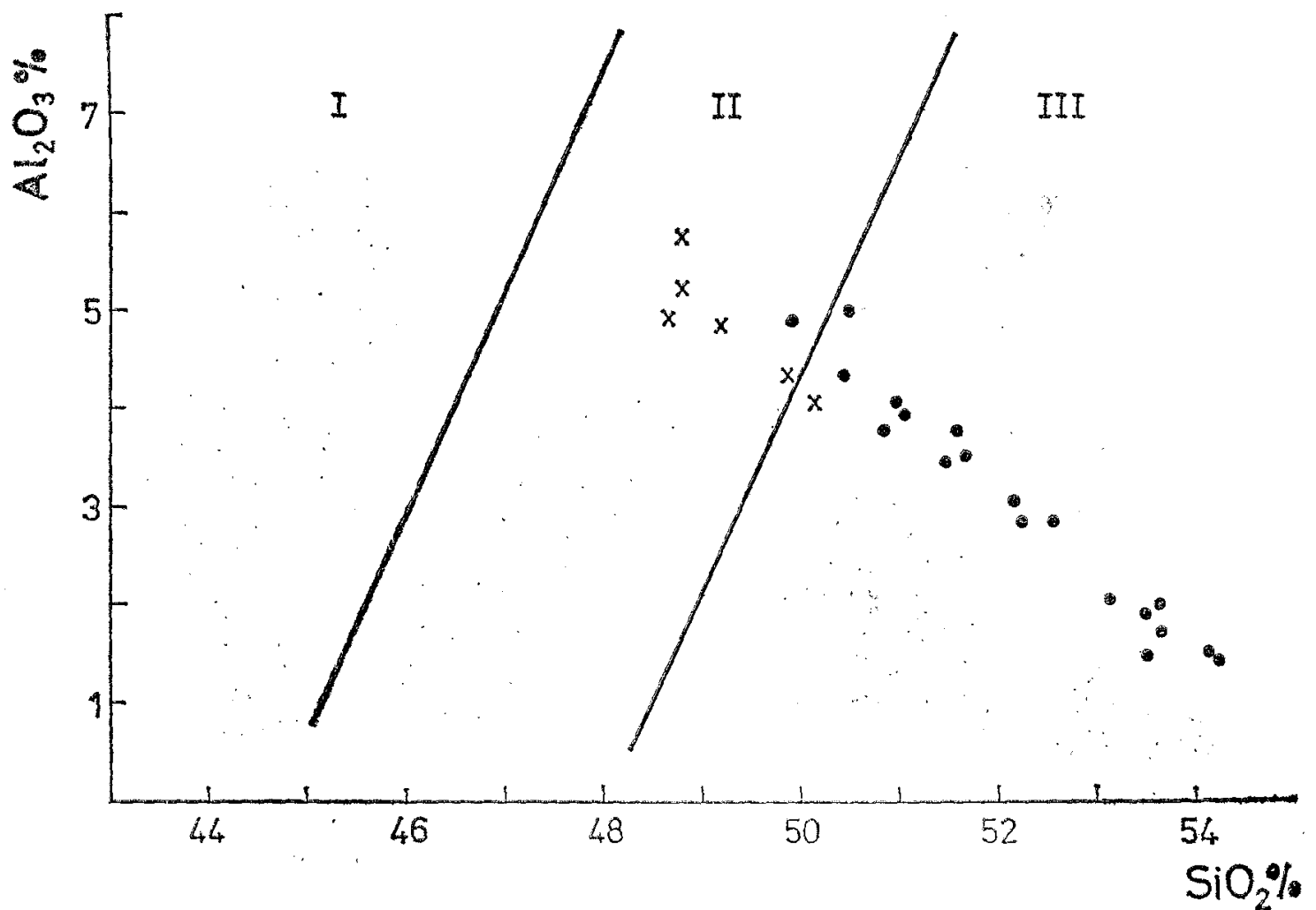
Всички анализирани пироксени са нанесени на диаграмата SiO<sub>2</sub>—Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> на Le Bas (1962) за клинопироксени от супералкални, алкални и субалкални скали (фиг. 7). Анализите се разпределят в два ареала. Клинопироксените от кварцитовидните пясъчници се концентрират в областта на алкалните скали, докато пироксените и от двете групи от среднозърнестите



C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	C-6	C-7	K-1	K-2	K-3	K-4	K-5	K-6
53,67	54,26	53,50	53,67	53,52	54,14	53,13	49,20	49,98	50,16	48,80	48,67	48,83
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,14	0,40	0,47	0,45	0,53
2,00	1,46	1,96	1,72	1,50	1,53	2,08	4,84	4,32	4,05	5,19	4,90	5,75
0,39	0,14	0,27	0,35	0,74	0,24	0,60	0,07	0,29	0,26	0,20	0,26	0,36
3,42	3,53	3,87	4,00	2,95	3,32	4,18	7,20	6,78	7,20	7,68	7,39	8,02
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,19	0,23	0,24
17,36	17,52	16,95	17,02	17,14	17,64	16,57	14,37	14,75	14,80	13,98	13,94	14,32
23,51	23,45	23,95	23,42	23,61	23,89	23,56	22,40	22,48	22,82	23,08	23,03	22,34
0,67	0,54	0,49	0,56	0,39	0,53	0,58	0,00	0,00	0,60	0,00	0,00	0,32
101,02	100,90	100,99	100,74	99,85	101,29	100,70	98,22	98,74	100,46	99,59	98,87	100,71
1,924	1,949	1,925	1,937	1,948	1,936	1,921	1,848	1,866	1,837	1,815	1,822	1,790
0,076	0,051	0,075	0,063	0,052	0,064	0,079	0,152	0,134	0,163	0,185	0,178	0,210
0,009	0,011	0,009	0,010	0,013	0,001	0,010	0,062	0,056	0,012	0,043	0,038	0,038
0,102	0,078	0,100	0,092	0,066	0,100	0,110	0,082	0,070	0,172	0,116	0,114	0,165
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,004	0,011	0,013	0,013	0,015
0,011	0,004	0,008	0,010	0,021	0,007	0,017	0,002	0,008	0,007	0,006	0,008	0,010
0,928	0,938	0,909	0,915	0,930	0,941	0,893	0,805	0,821	0,807	0,775	0,778	0,783
0,000	0,029	0,016	0,029	0,024	0,000	0,016	0,144	0,141	0,048	0,123	0,118	0,081
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,006	0,007	0,008
0,903	0,902	0,924	0,905	0,920	0,916	0,913	0,901	0,899	0,896	0,920	0,924	0,877
0,047	0,038	0,034	0,039	0,027	0,037	0,041	0,000	0,000	0,043	0,000	0,000	0,023
1,83	1,87	1,85	1,85	1,87	1,86	1,82	1,85	1,86	1,75	1,82	1,82	1,74
0,09	0,08	0,07	0,08	0,05	0,07	0,08	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,05
47	46	47	47	47	47	47	47	47	46	47	48	46
48	48	47	47	48	48	46	42	43	42	40	40	41
5	6	6	6	5	5	7	12	11	12	13	12	13



Фиг. 6. Отношение на катионите  $Al^{IV}$  —  $Al^{VI}$  за анализирани пироксени  
пунктирна линия — поле на пироксените от група С (виж табл. 2); символите както на  
фиг. 4  
Fig. 6.  $Al^{IV}$  —  $Al^{VI}$  relation in analysed clinopyroxenes  
dotted line — the field of pyroxenes from group C (see tabl. 2); same symbols as in Fig. 4



Фиг. 7. Разпределение на анализирани пироксени на диаграмата SiO<sub>2</sub>—Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> за клинопироксени от супералкални, алкални и субалкални скали (по L e B a s, 1962) символите както на фиг. 4  
 Fig. 7. Distribution of analysed pyroxenes in SiO<sub>2</sub>—Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> diagram for clinopyroxenes from peralkaline, alkaline and subalkaline rocks (after L e B a s, 1962) same symbols as in Fig. 4

пясъци попадат в полето на субалкалните и вероятно са формирани от магма с по-висока активност на SiO<sub>2</sub>.

### Заклучение

За моноклинните пироксени от тъмноцветните, среднозърнести пясъци от кариерата „Новоселци-2“ може да се предположи вулкански произход, като се имат предвид следните обстоятелства: 1) широкото разпространение на горнокредни вулкански пироксен-съдържащи скали в пределите на Бургаския район, където се намира разглежданото находище; 2) наличие на късчета от вулкански скали с пироксенови порфири в опробваните пясъци; 3) образуването на пироксенови кристали с добре развити форми, което е характерно за скали с вулкански произход. Изследването на тези клинопироксени позволява определено да се разграничат две групи, имащи специфични химични особености и вероятно произхождащи от различни типове вулкански скали: 1) група А (табл. 2) — представена от тъмнозелени

до жълтозелени желязо-алуминиеви диопсиди или хромови желязо-алуминиеви диопсиди до авгити, които се характеризират с по-ниско съдържание на  $\text{SiO}_2$  и по-високо на  $\text{Fe}_{\text{общо}}$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; 2) група С (табл. 2) — светлозелени до жълтозелени диопсиди, железни диопсиди и хромови диопсиди.

Според Попов (1989) на територията на Бургаския район се разграничават толеитова, алкална и субалкална серия, във всяка от които се отделят съответните вулкански и интрузивни формации. По данните от фиг. 7 може да се заключи, че моноклинните пироксени и от двете групи са от вулкански скали, принадлежащи към субалкалната серия. За Бургаския район тя е представена от трахиандезит-трахибазалтовата формация (по Попов и др. 1993) или андезитобазалтовата формация (по Станишева - Василева, 1971), към която се отнасят скалите на Върлибрежкия, Росенския и Зидаровския вулкани.

Клинопироксените от кварцитовидните пясъчници (от К-1 до К-6 в табл. 2), определени като желязо-алуминиеви диопсиди или хромови желязо-алуминиеви диопсиди, се отличават с по-високо съдържание на  $\text{Fe}^*$  ( $\text{Fe}^* = \text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+} + \text{Mn}$ ) и по-ниско отношение  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  от тези в пясъците и вероятно са образувани в скали, отнасящи се към алкалната серия в Бургаския район.

Авторите изказват своята благодарност към ст. н. с. Г. К. Киров, ст. н. с. И. Веселинов, н. с. М. Тарасови спец. М. Хр. Малеев за предоставените материали, полезните дискусии и за съдействието при лабораторните изследвания и окончателното оформяне на работата.

Проведените изследвания са финансирани от Национален фонд „Научни изследвания“ като част от изследователски проект НЗ — 213/92.

## Литература

- Атанасов, А. 1987. Върху минералите от групата на платината (МПП) от кластичните наслаги на плиоцена, западно от гр. Бургас. — В: Геологическата наука и минерално-суровинната база. II нац. млад. школа. С., 27—30 окт., 1987 г., 10—22.
- Белмустанов, Е. 1958. Приабонът в долината на река Луда Камчия. — Изв. Геол. Инст., 6, 15—105.
- Гочев, П. 1933. Върху няколко малко познати палеогенски фауни от Южна България. — Сп. Бълг. геол. д-во, 5, № 3, 177—221.
- Джуранов, С. 1992. Стратиграфия на еоценската серия в Бургаско. — Сп. Бълг. геол. д-во, 53, № 2, 47—59.
- Костов, И. 1993. Минералогия. С., Техника, 734 с.
- Мандев, П. 1954. Микроструктура и произход на бургаските въглища. — Год. СУ, Биол.-геол.-геогр. фак., 48, № 2, 163—255.
- Минералы. Справочник. 1981. М., Наука, 3, вып. 2, 614 с.
- Моримото, Н., И. В. Гинзбург, Ф. А. Зайферт, Дж. Зусман, М. Росс, Ж. Фабрие, А. К. Фергусон. 1989. Номенклатура пироксенов. — Минерал. журн., 11, № 6, 67—84.
- Петрова, А., Е. Василев, Л. Михайлова, А. Симеонов, Е. Челебиев. 1980. Литостратиграфия части верхнего мела в Бургаском районе. — *Geologica Balc.*, 10, № 4, 23—67.
- Попов, П. 1989. Тектонска позиция на горнокредните орудявания в Банат-Средногорската и Западнобалканската металогенни зони. Дисертация, София. 543 с.
- Попов, П., В. Ковачев, Стр. Страшимиров, В. Желев, Р. Арнаудова, Б. Банушев, П. Ставрев, Р. Радичев. 1993. Геология и металогения на Бургаския руден район. — Труд. МГУ, 1, 93 с.
- Станишева - Василева, Г. 1971. Верхнемеловые магматические формации в Бургаском синклиории. — Докл. БАН, 24, № 11, 1509—1512.
- Цинцов, З., Л. Петров. 1992. Морфологични особености на разсипното злато от находище „Новоселци“. — Мин. дело и геол., 47, № 6, 17—20.

- Чернявска, С. 1970. Спорополонови зони в някои старотерциерни въгленосни седименти в България. — Изв. Геол. Инст., сер. стратигр. и литол., **19**, 79—100.
- Вонев, I., J. Jordanov, V. Atanasov. 1982. Platinum, iridosmine and cooperite in aluvial sands from the vicinities of the village of Vurshilo, Bourgas district. — C. R. Acad. bulg. Sci., **35**, No 5, 673-676.
- Dowty, E. 1989. SHAPE — a computer program for drawing crystals, IBM-PC Version 3.1, Kingsport, p. 53.
- Fleet, M. E. 1975. Growth habits of clinopyroxenes. — Can. Mineral., **13**, 336-341.
- Goldschmidt, V. 1922. Atlas der Kristallformen, Bd. VII, Heidelberg
- Kostov, I. 1968. Notation and genetic significance of crystal habits. — In: Papers and Proceedings of the fifth general meeting of the Mineralogical Society, London. Dorking, Adlard & Son Ltd, 100-109.
- Kostov, I. 1977. Crystal chemistry of the minerals: Relationship between crystal structure, condition of crystallization and growth morphology. — Geochem., Mineral. and Petrol., **7**, 3-21.
- Le Bas, M. J. 1962. The role of aluminium in igneous clinopyroxenes with relation to their parentage. — Amer. J. Sci., **260**, 267-288.
- Morimoto, N., M. Kitamura. 1983. Q — J diagram for classification of pyroxenes. — Jap. Assoc. Miner. Petrol. Econ. Geol., **78**, 141 p.
- Van Pannhuyse-Sigler, M., P. Hartman. 1981. Morphologie théorique de certains pyroxènes déduite de la structure cristalline. — Bull. Minéral., **104**, 95-106.
- Vieten, K., H. M. Ham. 1978. Additional notes "On the calculation of the crystal chemical formula of clinopyroxenes and their contents of Fe<sup>3+</sup> from microprobe analyses". — N. Jahrb, Miner. Mh., **4**, 71-83.

*Одобрена на 19. V. 1994 г.*

*Accepted May 19, 1994*