

## СУЛФИДНА МИНЕРАЛИЗАЦИЯ В МЕТАБАЗИТИ ОТ РАЙОНА НА С. БЕЛИЦА, ЦЕНТРАЛНО СРЕДНОГОРИЕ

**Бануш Банушев<sup>1</sup>, Здравко Цинцов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", София 1700; banushev@mgu.bg

<sup>2</sup> Централна лаборатория по минералогия и кристалография "Акад. Иван Костов", БАН, София 1113; ztsintsov@mail.bg

**РЕЗЮМЕ.** Изследвана е сулфидна минерализация, представена от пирит, халкопирит, моносулфидни твърди разтвори (*mss*) и идаит (?), установена в централните части на метабазитово (ортоамфиболитово) тяло на около 2 km южно от с. Белица, Централно Средногорие. Ортоамфиболитите са с масивна текстура, изградени от амфибол, плагиоклаз, малко кварц, епидот, цоизит, ± гранат, апатит, титанит и илменит. Най-широко разпространения минерал, даващ облика на сулфидната минерализация е пирита, представен от единични зърна с кубичен хабитус и неправилни агрегати, с размери от 5 µm до 25 mm. Често съдържа дребни включения (от 3-4 до 50 µm) от халкопирит с неправилна форма. В отделни участъци на метабазитовото тяло пирита частично е окислен и трансформиран до гьотит, в който се наблюдават единични находки от *mss* и идаит с размери до 10 µm. Сулфидната минерализация е разпределена много неравномерно в различните части на тялото, а количеството и спрямо нерудните минерали е в границите от 1 до 8-10 %.

### SULFIDE MINERALIZATION IN METABASITES NEAR BELITSA VILLAGE, CENTRAL SREDNOGORIE

**Banushev<sup>1</sup>, Zdravko Tsintsov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", Sofia 1700; banushev@mgu.bg

<sup>2</sup> Central Laboratory of Mineralogy and Crystallography "Acad. Ivan Kostov", BAS, Sofia 1113; ztsintsov@mail.bg

**ABSTRACT.** Sulfide mineralization including pyrite, chalcopyrite, monosulfide solid solutions (*mss*) and idaite (?), found in metabasites (orthoamphibolites) at 2 km southeast from Belitsa village, Central Srednogorie has been studied. The orthoamphibolites have massive structure built of amphibole, plagioclase, some quartz, epidote, zoisite, ± garnet, apatite, titanite and ilmenite. The most spread mineral, which gives the outlook of the sulfide mineralization is pyrite, represented by single grains with cubic habit and irregular aggregates and dimensions from 5 µm to 25 mm. It often contains small inclusions (from 3-4 to 50 µm) from irregular chalcopyrite. In different parts of the metabasite body the pyrite is partly oxidated and transformed to goethite, in which single findings from *mss* and idaite with dimension to 10 µm have been observed. The sulfide mineralization is distributed very irregularly in the different parts of the body and its quantity in relation to the non ore minerals is in the range from 1 to 8-10 %.

### Въведение

Северната част на Ихтиманска Средна гора, района на селата Белица, Мухово и Поибрене се характеризира със силно разчленен релеф, стръмни скатове на дълбоко врязаните долини и широко развити маломощни елувиално-делувиални отложения. На редица места в областта все още личат следи от древна рударска дейност – т. н. "рупи". Изработките са сравнително малки и са привързани към обогатени на злато метасоматизирани скали. Геоложката изученост на района се базира основно на данните от геоложката картировка. Допълнително са проведени търсещи работи за метални суровини, регистрирали рудопроявления и аномалии на Cu, Pb, Zn и др. Извършени са и проучвания на запасите и оценка на качеството на някои неметални полезни изкопаеми от Барска (1972), Божинов и Желязкова-Панайотова (1979), Желязкова-Панайотова и Божинов (1989), Андреевич (1989), които дават и кратки сведения за петрологията на района. Описваното метабазитово тяло не е било обект на специализирани изследвания и е възприемано като ултрабазитово (Желязкова-Панайотова и др., 1998, непубликувани данни).

### Геоложка обстановка

Изследваният район е изграден от високометаморфни скали принадлежащи към Прародопската надгрупа (включваща Ботурченската и Арденската групи) и палеозойски гранитоиди (Кацков, Илиев, 1993). В Централното Средногорие скалите на Ботурченската група са отделени като Копривщенска група (Dabovski, 1988).

Метаморфитите са представени от разнообразни гнайси (биотитови, амфибол-биотитови, двуслюдени), мигматизирани гнайси с неиздържани прослойки от амфиболити, гнайсошисти и аплитонидни гнайси. Характерна особеност за Ботурченската група е присъствието на лещовидни тела от метаморфозирани базични и ултрабазични скали (Кожухаров и др., 1980). Южнобългарските гранитоиди (гранодиорити и кварцдиорити на Поибренския плутон) са вместени сред скалите на Прародопската надгрупа и се разкриват в източната част на района.

## Материал и методи на изследване

Изследвани са метабазити и свързаната с тях сулфидна минерализация от изкуствени и естествени разкрития, разположени на около 2 km югоизточно от с. Белица, Централно Средногорие. Аналитичната методика включва оптическа микроскопия в проходяща светлина с микроскоп Amplival, рудна микроскопия с оптически микроскоп Leitz Orthoplan-Pol и сканиращ електронен микроскоп Philips SEM-515, микросондови анализи (аналитична приставка EDAX PV 9100 (условия: U=20-25 kV, I=0.5 nA; диаметър на лъча 5 µm; време за набиране на спектъра 50-60 s; линии и стандарти FeKα и SKα – марказит, CuKα – куприт), рентгеноструктурни изследвания (апарат ДРОН-1; условия: CuKα 35 kV, 24 mA) и химични анализи (ICP-AES).

## Петрографска характеристика

Изследваното метабазитово (ортоамфиболитово) тяло е сред високометаморфни скали – биотитови, двуслюдени плагиогнайси и амфиболити на Ботурченската група. В източната част на тялото гнайсите са със слабо изразена шистозна текстура, хомеобластна, гранобластна до лепидогранобластна, на места бластоаплитова структура. Изградени са основно от равномерно зърнест агрегат от плагиоклаз и кварц с преобладаващи размери на зърната 0.2-0.7 mm и подчинено количество биотит, гранат, епидот, апатит и циркон. Плагиоклазите (35-45%) са идиобластни, серицитизирани, на места в централните части заместени от епидот, със заличен или неясен ламеларен строеж. Кварцът (30-40%) е ксенобластен, изометричен или с неправилна форма в единични или групирани по няколко кристали с вълновидно и мозаечно потъмнение. Биотитът е представен от удължени, със слабо изразена субпаралелна ориентировка, цялостно хлоритизирани люспи с отделени при промяната Fe-Ti минерали. В западните части на тялото гнайсите са с хетеробластна, лепидогранобластна структура, порфиروبластна по плагиоклаз. Между плагиоклазовите порфиробласти се разполага дребнокристален агрегат от ксенобластен кварц (обособен в лещовидни тела субпаралелни на шистозността), плагиоклаз, биотит, мусковит, малко К-фелдшпат, цоизит и циркон. Слюдите (представени от цялостно хлоритизирани биотит и мусковит) са със субпаралелна ориентировка и "обтичат" плагиоклазовите порфиробласти. В тези части се установяват процеси на диафтореза, свързани с образуване на мусковит по биотита.

Сред гнайсите се установяват прослои от амфиболити. Те са с ивичеста текстура, гранобластна и пойкилобластна структура. В състава им участват плагиоклаз (често с многочислени включения от амфибол и кварц), амфибол, в по-малка степен хлоритизирани биотит, кварц, гранат, епидот, рутил, апатит и руден минерал.

Метабазитовото (ортоамфиболитово) тяло е с неясна морфология и резки контакти спрямо вестващите го високометаморфни скали. Амфиболитите са с масивна, а в

периферните части на тялото с неясно изразена ивичеста текстура. Изградени са от амфибол, плагиоклаз, малко кварц, биотит, епидот, цоизит, хлорит, ± гранат, апатит, титанит и илменит. Амфиболът е дребнозърнест, тънкопризматичен, със субпаралелна ориентировка, частично хлоритизиран (Фиг. 1a). Притежава силен плеохроизъм по схемата  $Z > Y > X$ , синьозелен по Z, зелен по Y и светлзелен по X. Плагиоклазите са серицитизирани, а някои са интензивно до цялостно заместени от епидот и цоизит и както амфиболите са субпаралелно ориентирани. Кварцът е представен от редки зърна с вълновидно и мозаечно потъмнение. Епидотът и цоизитът са микрозърнести, локализирани в отделни ивици, по-рядко са под формата на единични зърна. В гранатсъдържащите амфиболити ксенобластните плагиоклазови зърна са прорастнали с амфибол, което определя диабластната структура (Фиг. 1b). С напредване на степента на метаморфизъм иглестите и тънкопризматични амфиболи прекождат в по-едри и по-добре оформени кристали, често съдържащи пойкилобластни включения от плагиоклаз и рудни минерали (Фиг. 1c). Плагиоклазите са групирани по няколко в изометрични агрегати, като взаимното им разположение с амфиболите определя бластогабровата структура. Илменитът е с правилни кристалографски форми с тънка левкоксенова ивица в периферните части. Биотитът е напълно хлоритизиран с отделени Fe-Ti минерали по цепителните повърхнини.

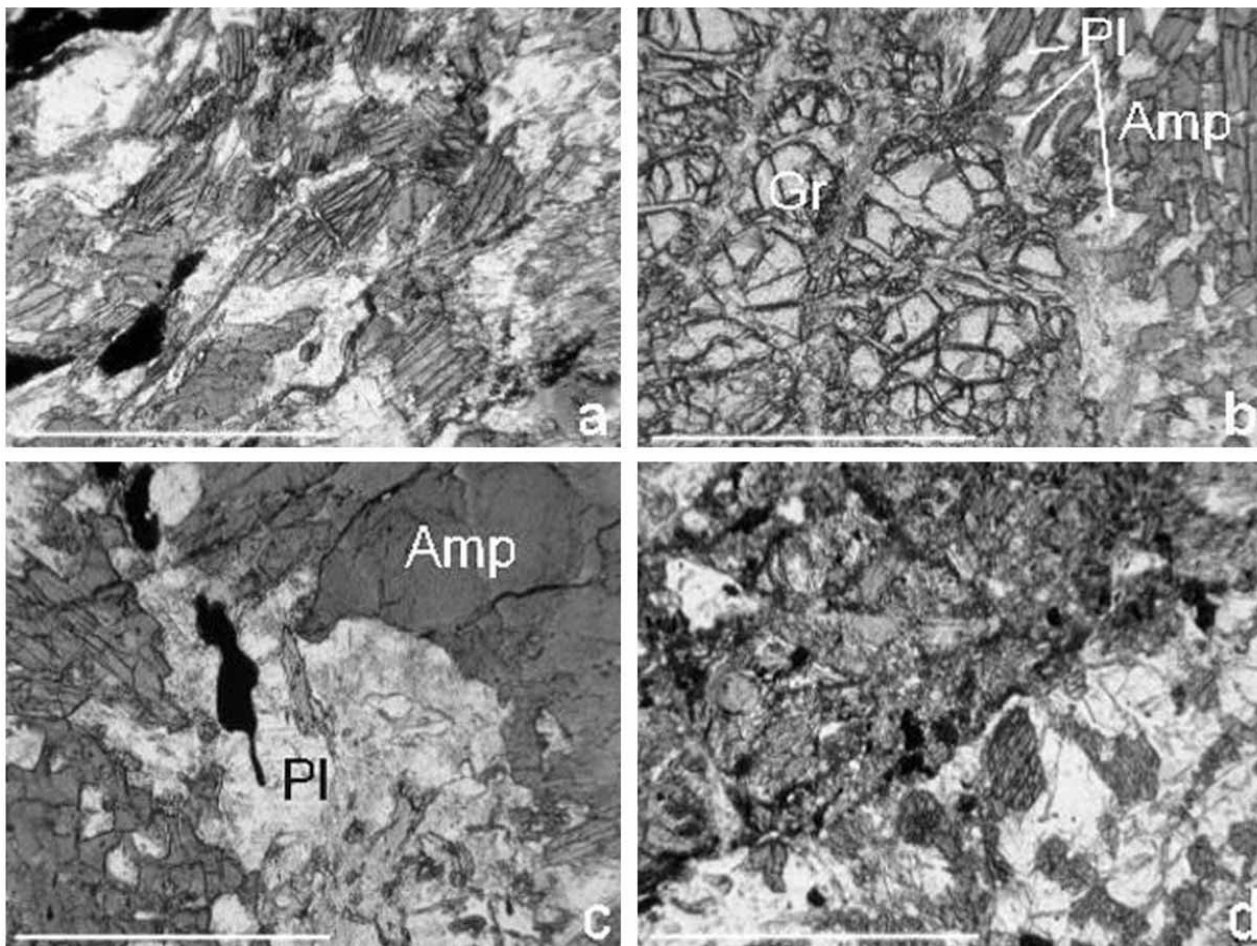
Таблица 1

Химичен състав (wt. %) на метабазити (ортоамфиболити) от района на с. Белица\*

Оксиди	15-47	15-48	16-49	16-50
SiO <sub>2</sub>	53.78	52.05	46.36	46.05
TiO <sub>2</sub>	1.11	2.22	2.89	3.01
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.09	13.25	14.91	14.97
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>t</sup>	11.53	14.03	15.05	15.12
MnO	0.18	0.20	0.24	0.25
MgO	6.71	6.39	7.06	7.20
CaO	5.88	4.85	7.58	7.71
Na <sub>2</sub> O	4.25	4.13	2.23	2.22
K <sub>2</sub> O	0.05	0.17	0.15	0.37
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.21	0.15	0.39	0.45
ЗПН	1.61	1.83	2.16	1.83
Сума	99.40	99.27	99.02	99.18

\*Химичните анализи са извършени в ЦНИЛ "Геохимия" при МГУ "Св. Иван Рилски"

В периферните западни части на тялото ортоамфиболитите носят следи от интензивна тектонска обработка и се редуват с ненарушени или слабо засегнати от тектонските процеси зони (Фиг. 1d). Скалите са изградени от стрит и смлян микрозърнест агрегат (на места разположен в субпаралелно ориентирани ивици) от епидот, хлорит, кварц и рудни минерали с порфирокласти от плагиоклаз, амфибол и кварц. Наблюдават се и лещовидни участъци от микрозърнест епидот и цоизит,



Фиг. 1. Микрофотографии на метабазити (ортоамфиболити) от района на с. Белица: а – тънкопризматичен амфибол със слабо изразена субпаралелна ориентировка; б – гранатсъдържащ амфиболит с ксенобластен плагиоклаз (Pl) прорастнал с амфибол (Amp); с – амфиболит; d – тектонизиран амфиболит. Фигури a-d II N, маркер 0.50 mm

финопрашести и зърнести рудни минерали (илменит), около които е развит левкоксен. Незасегнатите от тектонските процеси участъци са изградени основно от хомеобластен агрегат от амфибол и плагиоклаз. В тях рудните минерали са неравномерно разпределени, а в стритите зони са в отделни ивици.

В западните гранични части между метабазитите и гнайсите се установяват тектонизирани скали с неясна шистозна текстура. Изградени са от кварцови и плагиоклазови порфиорокласти, между които се разполага микрозърнест агрегат от същите минерали. Скалите са неравномерно тектонизирани – натрошени и смлени в различна степен, с ясна субпаралелна ориентировка на ивиците, а изграждащите ги минерали са слабо удължени по шистозността. В резултат на динамометаморфизма и локалното повишаване на температурата е образувана нова минерална асоциация от епидот, цоизит, хлорит и албит, която на места е доминираща. Характерна особеност е увеличаващата се степен на катаклаза и милонитизация по посока на ортоамфиболитовото тяло, като най-близо до него скалите са превърнати в милонити.

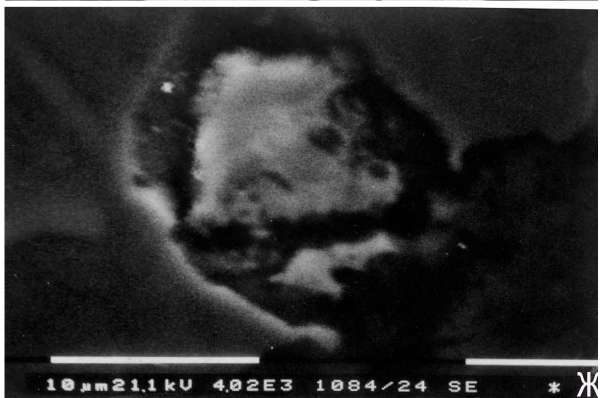
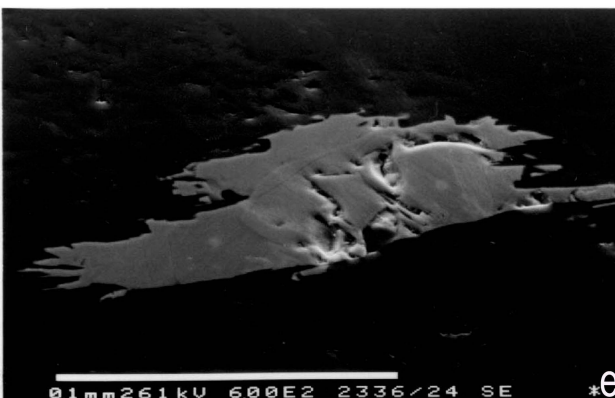
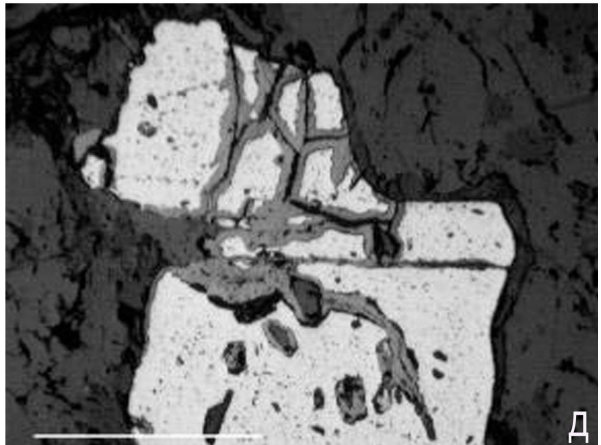
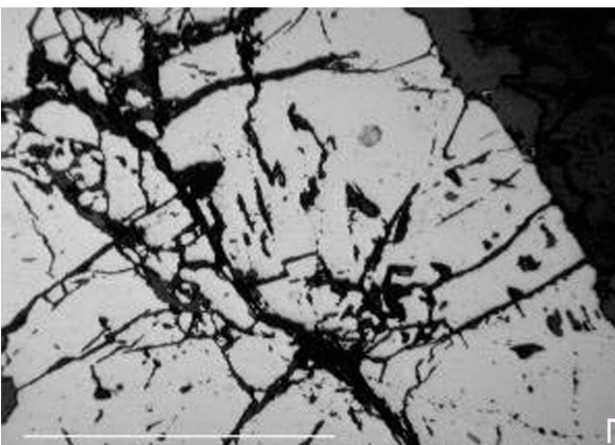
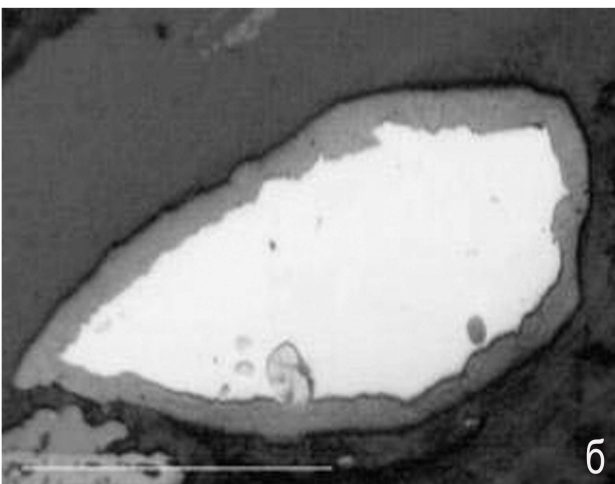
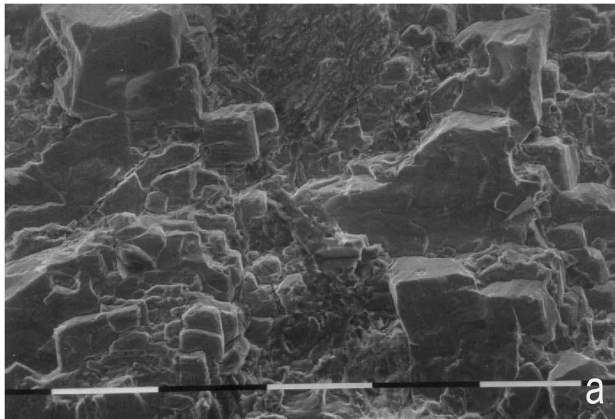
В петрохимичен аспект изследваните метабазити се характеризират с високи съдържания на  $TiO_2$  (1.11-3.01%), дължащо се на акцесорните илменит и титанит.  $SiO_2$  варира между 46.05 и 53.78%,  $Fe_2O_3$  – 11.53-15.12%, а  $Al_2O_3$  е най-слабо изменчив – между 13.25 и 14.97%.

Съдържанието на алкалии е сравнително ниско, като  $Na_2O$  превишава многократно  $K_2O$ . Наблюдава се тенденция за увеличаване на съдържанията на  $Na_2O$  и намаляване на  $CaO$  и  $Fe_2O_3$  с увеличаване на  $SiO_2$  (табл. 1).

### Минералогия на сулфидите

Сулфидната минерализация в изследваните метабазити е представена от пирит, халкопирит, моносулфидни твърди разтвори на желязото (*mss*) и идаит (?). Разпространена е твърде неравномерно в различните части на скалата, като макроскопски, съдържанието и се определя в границите от 1.0 до около 8-10 %. Най-широко разпространения минерал, даващ облика на сулфидната минерализация е пирита, които съставлява около 94-95 % от общото ѝ количество. Останалите сулфиди са представени основно от халкопирит, много редки находки от *mss* и единична находка от идаит. Пиритът е включен в силикатна матрица под формата на отделни зърна или агрегати с неправилна или кристална форма и размер до 2.5 cm. Халкопиритът е наблюдаван главно като включения в пирита и много рядко в гьотита. Идаитът (?) е установен само в гьотит, докато *mss* са наблюдавани както в гьотит, развит около пирит, така и в силикатна матрица. Изследваното орудяване се характеризира основно с хипидиоморфнозърнеста, по-рядко с идиоморфнозърнеста

структура. Текстурата главно е впръслечна, а в отделни участъци масивна.



Фиг. 2. Микрофотографии на сулфиди в метабази от с. Белица: а – микрорелефни особености на натрошен пирит; б, в – пирит I с включения от халкопирит; г, д – пирит II; е – mss в силикатна матрица; ж – идаит (?) в гьотитова матрица. Естествена повърхност – а; полирани повърхности – б-ж. PLM – б-д; SEM – а, е, ж. Маркер: 10  $\mu\text{m}$  – ж; 0.125 mm – б, в; 0.25 mm – д; 0.50 mm – г; 0.10 mm – а, е

**Пиритът** се наблюдава във всички части на изследваното тяло и е представен от отделни кристали с кубичен хабитус или от напукани агрегати с неправилна форма и размер до 2.5 cm. В повечето случаи зърната му са разпръснати неравномерно в скалата, обособявайки впръслечна текстура на орудяването. Отделни участъци от метабазитовото тяло се характеризират с уплътняване и ешелонна подредба на пиритната минерализация в резултат на което се формира масивна текстура. При натрошаване на скалата пиритът сравнително лесно се отделя под формата на единични кубични кристали (Фиг. 2а) с гладки стени или на неголеми агрегати (до 3-5 mm), често изградени от отделни кубични кристали. Полираните повърхности на част от зърната са равни, плътни (Фиг. 2б, в), еднородни без оптически видима зоналност, докато останалите са силно напукани (Фиг. 2г, д), с множество дребни каверни и слаби нюанси в цвета – от бледожълт до наситеножълт. Зърната имат ясни и резки граници със силикатната компонента на вместващата скала или с гьотита, формиран като екзогенна “обвивка” (с дебелина от 0.03 до 1.5-1.8 mm) около тях. В напуканите пиритни агрегати ясно личи, че гьотита е образуван в екзогенни условия при фазовата трансформация на сулфида. В тези случаи гьотита точно копира контурите на пиритните зърната, без да се влияе от формата и посоката на развитие на пукнатините в тях, като последните най-често остават незапълнени. В отделни участъци на тялото не се наблюдава гьотит, докато в други има пиритни зърна, изцяло заместени от него. Необходимо е да се отбележи, че окислителните процеси нямат широко развитие в изследваните образци и като цяло сулфидната минерализация е сравнително свежа. Морфоложките и микрорелефните особености на пирита дават основание да се отделят 2 генерации. Първата е представена от единични кристали или сравнително дребни слабо напукани агрегати често “обградени” от гьотит, докато втората изгражда едри силно напукани блокове. Халкопиритовите включения преобладаващо са съсредоточени в първата генерация пирит, докато във втората се наблюдават сравнително рядко. Съставът на пирита (табл. 2) в границите на чувствителността на използваната апаратура е постоянен и включва само конституционно регламентирани елементи, като получените стехиометрични отношения между тях за отделните зърна са еднакви с теоретично изчислените за минерала.

**Халкопиритът** е включен основно в пирита (Фиг. 2б, в) и много рядко в гьотита. Количеството му е значително по-малко от това на пирита и не превишава 5 % от сулфидната минерализация.

Наблюдава се основно в участъците с впръслечно орудяване, докато в тези с масивна пиритна минерализация се среща много рядко. Преобладаващо е представен от агрегати с овална, изометрична форма и размери до 50  $\mu\text{m}$ . Рядко се наблюдават зърна с удължена морфология и големина от 10 до 120  $\mu\text{m}$ . В отразена светлина е светложълт, слабо анизотропен. Съставът му,

в границите на чувствителността на аналитичната методика включва само Cu, Fe и S. Количеството им в различните части на отделните зърна е постоянно, но се колебае в известни граници между различните зърна. Стехиометричните отношения на изследвания халкопирит често отразяват метален дефицит. Отношението Cu:Fe (at. %) се колебае в границите от 0.94:1.04 до 0.97:1.00.

Таблица 2  
Представителни микросондови анализи (wt. %) на сулфиди в метабази от с. Белица

N	Cu	Fe	S	Сума
пирит				
1		53.05	46.46	99.51
2		53.32	46.67	99.99
3		53.69	47.15	100.84
4		53.78	46.43	100.11
5		53.81	46.03	99.84
халкопирит				
6	32.54	31.61	35.44	99.59
7	33.46	31.56	35.37	100.39
8	33.54	31.05	34.75	99.34
9	34.02	32.09	34.28	100.89
10	34.04	30.71	36.02	100.77
пиротин				
11		36.28	63.89	100.17
идаит (?)				
12	50.64	12.15	36.23	99.02
Формулни коефициенти				
пирит				
1		1.00	2.00	
2		1.00	2.00	
3		0.99	2.01	
4		1.00	2.00	
5		1.01	1.99	
халкопирит				
6	0.94	1.04	2.02	
7	0.96	1.03	2.01	
8	0.97	1.03	2.00	
9	0.97	1.05	1.97	
10	0.97	1.00	2.03	
пиротин				
		1.00	1.00	
идаит (?)				
	2.76	1.24	4.00	

**Mss** имат неправилна, слабо удължена форма и размери до 150  $\mu\text{m}$  (Фиг. 2е). Наблюдават се като единични зърна с хомогенни повърхности и неравни краища в гьотитова или силикатна матрица. Съставът им е прост и включва само Fe и S с много малки количествени вариации между тях в отделните зърна.

**Идаитът (?)** е наблюдаван като единично зърно, частично запълващо каверна в гьотит (Фиг. 2ж), развит около пиритов агрегат. В отразена светлина е бледорозов с едва забележима анизотропия. Има неправилна, почти изометрична форма с неравна повърхност и назъбени

краища и размери до 10  $\mu\text{m}$ . Съставът на зърното в различните части показва известни вариации в количеството на композиционните елементи, като стехиометричните отношения между тях се колебаят в известни граници и са близки до тези на идаита. Съществува вероятност известна част от тези вариации да се дължат на некоректни анализи поради малките размери и неравната повърхност на изследваното зърно. Историята на изследване на идаита е сложна, свързана с множество дискусии, използването на временни названия като "оранжборнит" и "аномален борнит" за нестехиометрични борнитови състави. По-късно са регистрирани няколко нови минерала (сред тях и идаит) с близки състави и стехиометрични отношения (*Справочник-определител...*, 1988; Костов, Минчева-Стефанова, 1984; Hatert, 2003).

## Дискусия

Изследваната сулфидна минерализация в метабазитовото тяло от района на с. Белица, Централно Средногорие е представена от пирит, халкопирит, *mss* и идаит (?). Минералният и състав дава основание да се предположи генетична връзка с орудяванията в намиращия се в съседство Панагюрския руден район, геоложката позиция на който се определя от ареала на разпространение на горнокредния магматизъм с характерната му металогенна специализация. Възможно е част от пиритната минерализация да е формирана по време на метаморфизма на тялото. Богатото многообразие от рудни минерали в находищата и рудопроявленията от района се доминира от сулфидите и сродните съединения (Токмакчиева, 2004), сред които в повечето случаи преобладават пирита и халкопирита. Гenezисът на описаната сулфидна минерализация следва да бъде разглеждан в контекста на геоложките процеси, довели до формирането на един от най-важните рудни райони у нас, предопределени от съпровождащите магматизма минерализационни процеси и последвалите супергенни промени. Като продукт на последните промени се разглежда само идаита (?), който е образуван в резултат на фазовата трансформация в реда борнит – "аномален борнит" – идаит (Hatert, 2003).

*Благодарности.* Авторите изказват благодарност на д-р С. Приставова (МГУ) за критичния прочит на статията и конструктивната дискусия върху нея.

## Литература

- Андреевич, М. 1989. Вермикулит. – В: *Неметални полезни изкопаеми в България*. т. II, С., Техника, 149-154.
- Барска, С. 1972. Вермикулитови месторождения в Ихтиманска Средна гора. II. Пегматити и ултрабазити. – *Сп. Бълг. геол. д-во*, 33, 2, 153-164.
- Божинов, К., М. Желяzkова-Панайотова. 1979. Азбест и азбестови находища в България. III. Азбестови находища. – *Год. СУ, ГГФ*, 73, кн. 1, *Геология*, 90-135.
- Желяzkова-Панайотова, М., Божинов, К. 1989. Талк и талкови суровини. – В: *Неметални полезни изкопаеми в България*, т. II, С., Техника, 130-149.
- Кацков, Н., К. Илиев. 1993. *Обяснителна записка към геоложка карта на България в М 1:100000; картен лист Ихтиман*. С., КГМР, "Геология и геофизика" АД. 63 с.
- Кожухаров, Д., Е. Кожухарова, С. Христов. 1980. Докамбрият от северните отдели на Плана планина и Вакарелския рид. – *Сп. Бълг. геол. д-во*, 41, 3, 211-222.
- Костов, И., И. Минчева-Стефанова. 1984. *Сульфидные минералы. Кристаллохимия. Парагенезис. Систематика*. М., Мир, 281 с.
- Справочник-определител рудных минералов в отраженном свете* (Чвилёва, Т. Н., М. С. Безсмертная, Э. М. Спиридонов и др.). 1988. М., Недра, 504 с.
- Токмакчиева, М. 2004. Минералното разнообразие на Панагюрско-Етрополския руден район. – *Год. МГУ*, 47, св. I, *Геология и геофизика*, 177-180.
- Dabovski, Ch. 1988. Precambrian in the Srednogorie Zone (Bulgaria). – In: Zoubek, J. Conge, D. Kouzhoukharov, H. Krautner (Eds.). *Precambrian in Younger Fold Belts*. Wiley Interscience Publication, John Wiley & Sons, Chichester, 841-847.
- Hatert, F. 2003. Occurrence of sulphides on the bornit-idaite join from Vielsalm, Stavelot Massif, Belgium. – *Eur. J. Mineral.*, 15, 1063-1068.

Препоръчана за публикуване от Катедра "Минералогия и петрография", ГПФ