

## ХАРАКТЕРИСТИКА НА СУЛФИДНАТА МИНЕРАЛИЗАЦИЯ В МЕТАМОРФОЗИРАНИ СЕРПЕНТИНИТИ ОТ РАЙОНА НА С. ЖИВКОВО, ЦЕНТРАЛНО СРЕДНОГОРИЕ

Здравко Цинцов<sup>1</sup>, Бануш Банушев<sup>2</sup>, Михаил Сивилев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Централна лаборатория по минералогия и кристалография – БАН, София 1113, България, E-mail: ztsintsov@mail.bg

<sup>2</sup> Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", София 1700, България, E-mail: banushev@mgu.bg

### РЕЗЮМЕ

Изследвана е сулфидна минерализация, представена от моносулфидни твърди разтвори (*мтр*) пентландит и пирит, установена в изкуствено разкритие от централните участъци на малко серпентинитово тяло, разкрито на около 3 km ЮЗ от с. Живково (Ихтиманско). *МТР* включват пиротин (хексагонал и моноклинен) и троилит. Серпентинитите са изградени от антигорит, хризотил, талк, хлорит, карбонат и реликти от ортопироксен и оливин. Най-широко разпространените минерали, даващи облика на рудната минерализация са *мтр* и пентландит, вместени в серпентинита. Наблюдават се основно като интимно преплетени агрегати с удължена (прожилки, ламели) или неправилна форма. Размерите им варират в много широки граници, като дължината на първите достига до 5.0-6.0 cm, докато неправилните агрегати имат широчина до 0.6 cm и дължина до 1.5 cm. Пиритът се среща значително по-рядко от останалите минерали и е представен от единични зърна с неправилна или кристална (най-често кубични кристали) форма. Рядко показва начална фаза на окисление и в тези случаи асоциира с Fe оксиди (хидроксиди). Други рудни минерали се наблюдават много рядко и са представени основно от шпинелиди (магнетит и хромит).

### ВЪВЕДЕНИЕ

В Централното Средногорие сред докамбийските метаморфити на редица места се наблюдават множество малки, единични или групи от ултрабазитови тела, голяма част от тях силно променени, до почти изцяло серпентинизирани. В българската геоложка литература данните за тези тела са ограничени, а от сулфидните минерализации в тях се споменава само за наличието на пентландит (Кожухаров и др., 1980). В настоящата работа са представени данни за минераложките особености на сулфидна минерализация наблюдавана в сравнително малко тяло, разкрито на около 3 km ЮЗ от с. Живково (Ихтиманско), непосредствено до пътя Ихтиман-Самоков. Направена е и петрографска характеристика на изследваните метаморфозирани серпентинити. Минерализацията е установена в изкуствено разкритие от централните участъци на тялото, площта на което е няколко десетки m<sup>2</sup>. Много от серпентинитовите тела в района са били обект на проучване и ръчен добив на талк в малки количества (Желязкова-Панайотова и Божинов, 1989). През последните години това производство беше ликвидирано. В момента от определени тела се осъществява ръчен добив само на малки блокове сравнително свежи серпентинити за ювелирно-декоративни цели. Благодарение на тези дейности в миналото от изследваното тяло е отстранена повърхностната покривка от силно изветряла маса, като в дълбочина са разкрити сравнително свежи участъци от метаморфозирани серпентинити, където е установена сулфидната минерализация.

### ГЕОЛОЖКА ОБСТАНОВКА

Серпентинизирани ултрабазити в Централното Средногорие са локализирани сред докамбийските метаморфити в ядките на будинаж-структури, броеничоподобно сред гнайси и мигматити (Кожухаров и др. 1980). Посочените автори отбелязват, че телата са вместени сред скалите на Ботурченската група (за Западното Средногорие последните са отнесени към Гарванишка серия), представени от биотитови гнайси, амфиболити, мусковитови, двуслюдени и кианитови шисти. Според тях по време на регионалния метаморфизъм върху ултрабазитите зонално са развити нови минерални асоциации, като хидратацията на първичните скалообразващи минерали е довела до образуването на хризотил, антигорит, серпофит, бастит, хлорит и рудни минерали (магнетит, хромит и пентландит).

### МЕТОДИ НА ИЗСЛЕДВАНЕ

Микроскопските наблюдения в проходяща светлина са извършени с микроскоп Amplival. Рудните минерализации са изследвани с оптически микроскоп Leitz Orthoplan-Pol и електронен микроскоп Philips SEM-515, в режим на вторична и обратно отразена електронна емисия. Микросондовите анализи (точкови и площни количествени анализи) са реализирани с аналитична приставка EDAX PV 9100, при следните условия: U=20-25 kV, I=0.5 nA, диаметър на лъча 5 μm, време за набиране на спектъра - 80 s; линии и стандарти: FeKα и SKα (марказит), NiKα (пентландит), CoKα (кобалтин). Рентгеноструктурните изследвания на серпентинитите и сулфидите са извършени на прахов дифрактометър ДРОН-3М (CoKα лъчение, 40 kV, 28 mA). От най-богато орудения участък на тялото е смляна проба и е

направен опит за извличане на изкуствен концентрат от тежки минерали, но гравитационното обогатяване не даде желанния резултат. Чрез електромагнитна сепарация бе отделена проба изградена основно от сулфиди и серпентинови минерали с включения от сулфиди и магнетит върху които са извършени рентгеноструктурните изследвания. При диагностиката на сулфидите за сравнение е използвана PDF-картотеката на ICDD.

#### ПЕТРОГРАФСКА ХАРАКТЕРИСТИКА

Изследваното тяло е локализирано сред докамбрийски метаморфити – двуслюдени и биотитови шисти, гнайси и амфиболити.

Слюдените шисти са преобладаващите скални разновидности. Те са с ясно изразена кристализационна шистозност и хомеобластни (лепидобластна, гранолепидобластна) структури. Изградени са от дребнозърнест агрегат от ксенобластен, изометричен или удължен по шистозността кварц (30-40%) и свеж, в по-редки случаи частично серицитизиран, финолаamelарен плагиоклаз (5-15%) (албит-олигоклаз,  $An_{8-10} \div An_{12-24}$ ). Кварцът се наблюдава и като мономинерални ивици и лещи, в които показва вълновидно, по-рядко мозаечно потъмнение. Слюдите (биотит и мусковит - 30-35%) са със субпаралелна ориентировка, локализирани в ивици обуславящи ясната кристализационна шистозност. Хлоритоидът е под формата на спорадични, силно удължени успоредни на шистозността люсповидни агрегати. Той е бледозелен, слабо плеохроитен, свеж или частично хлоритизиран по цепителните повърхнини. Кианитът е безцветен, призматичен и плочест, свеж, но в някои случаи е интензивно серицитизиран, като от минерала са запазени само отделни реликти. Установен е само в някои от слудените шисти. В случаите, в които се наблюдава увеличаване на количеството му, слудените шисти бележат преходи към кианитови шисти. Гранатът е изометричен, с преобладаващи размери 0.1-0.4 mm. Акцесорните минерали са представени от апатит, циркон и рутил. Характерна особеност за шистите са локалните прояви на К-фелдшпатизация изразяваща се в появата на неиздържани ивици и лещовидни участъци от розов К-фелдшпат.

Сред слудените шисти от района се наблюдават редки послойни пегматитови жили с дебелина 0.5-1 m. Изградени са от К-фелдшпат, плагиоклаз, кварц, мусковит и акцесорен апатит.

Гнайсите (биотитови и двуслюдени) са с шистозна, на места очна текстура. Изградени са от редки порфиробласти от свеж или частично серицитизиран плагиоклаз, с размери до 1.5 cm, които обуславят очната текстура на скалата. Между порфиробластите се разполага дребнозърнест агрегат от ксенобластен кварц, плагиоклаз (олигоклаз,  $An_{22-28}$ ) и малко пелитизиран К-фелдшпат. Кварцът изгражда и мономинерални неиздържани ивици и лещи. Слюдите са представени от удължени биотитови люспи, които заедно с мусковита "обтичат" плагиокла-

зовите порфиробласти. Акцесорните минерали са от апатит, рутил и включен в биотита циркон, около който се наблюдават плеохроитни дворчета. Структурата е гранобластна (в ивиците изградени предимно от кварц) и гранолепидобластна (в участъците, в които преобладават слюдите), порфиробластна по плагиоклаз.

Амфиболитите се разкриват в района на изследваното тяло, но непосредствен контакт между тях и серпентинитите не е установен. Те са тъмнозелени до черни с ивичеста текстура, гранобластна и пойкилобластна структура. Съставени са предимно от плагиоклаз (с многочислени включения от цоизит) и амфибол, подчинено количество цоизит и гранат и акцесорни титанит, апатит и магнетит.

Ултрабазитите са интензивно, но неравномерно серпентинизирани. Вътрешните части на телата са сравнително посвежи, със запазени реликти от първичната скала. В периферните им части са развити талк-хлоритови, талк-тремолит-хлоритови и талкови скали, без ясни пространствени взаимоотношения помежду им. Подобни скали около серпентинитовите тела от района са описани от Кожухаров и др. (1980). Според същите автори по-малките тела са изцяло заместени от тремолитови, тремолит-хлоритови, талк-тремолит-хлоритови и талкови скали формирани по време на регионалния метаморфизъм.

Серпентинитите от вътрешните части на телата са изградени предимно от серпентин (антигорит и хризотил) с примеси от талк, хлорит, карбонат (в различни количествени съотношения), реликти от ортопироксен и оливин и акцесорен магнетит. Антигоритът е безцветен, люспест или е грубовлакнест със свършена цепителност и е развит по ортопироксена. Хризотилът е в подчинено количество. Образува влакнести (най-често напречно влакнести) жилки и крипнокристалинни агрегати заместващи периферно и по пукнатините оливина. Талкът е люспест със свършена цепителност и висок двулум. Карбонатът образува неправилни по форма тела и асоциира със серпентин и талк. Хлоритът е безцветен със свършена цепителност и характерни аномални сивозелени и жълтозелени интерференционни цветове. Заместен е частично от талк и серпентин по цепителните повърхнини. Рентгеноструктурно е определен като клинохлор. Структурата е влакнеста, кръстосано-влакнеста и неясно изразена бримчеста. Минералният състав на серпентинитите и установените реликти от първичните минерали дават основание да се предполага перидотитов състав на изходната скала.

Талк-хлоритовите скали са сивозелени до тъмнозелени на места оцветени в ръждивокафяво от железни хидроксида. Изградени са предимно от дребно до среднолюспест талк и клинохлор. Вторичните минерали са от антигорит, лизардит и тремолит. С увеличаването на количеството на талка скалите постепенно преминават в талкови.

Минералният състав на талк-тремолит-хлоритовите скали (талк, клинохлор, тремолит, антигорит и лизардит) е определен в проходяща светлина и е потвърден от рентгеноструктурните изследвания. Тремолитът е безцветен, тънкопризматичен, до иглест без ясни крайни контури. В

напречни прерези се наблюдава характерната цепителност под 124°.

Химичният и микроелементен състав на метаморфозирани серпентинити е отразен в табл. 1. Съдържанието на SiO<sub>2</sub> е между 41.33 и 50.07%. Най-ниски са стойностите на SiO<sub>2</sub> за серпентинитите от вътрешните части на тялото, а най-високи са в периферните части - в талк-тремолит-хлоритовите и преди всичко в талковите скали (табл. 1). По отношение на MgO се наблюдава обратната тенденция.

Таблица 1. Химичен състав на метаморфозирани серпентинити

Оксиди (%)	CS-11	CS-11/1	CS-9	CS-8	CS-10
SiO <sub>2</sub>	41.33	41.59	46.90	49.47	50.07
TiO <sub>2</sub>	0.02	0.10	0.02	0.06	0.06
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.16	2.84	2.04	2.54	2.98
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.26	4.98	5.40	3.45	2.99
FeO	4.30	4.47	3.06	2.45	1.35
MnO	0.12	0.11	0.06	0.04	0.01
MgO	36.35	34.94	32.39	32.92	34.52
CaO	1.64	1.83	1.09	1.94	0.06
Na <sub>2</sub> O	0.11	0.18	0.13	0.10	0.12
K <sub>2</sub> O	0.08	<0.05	<0.05	0.08	0.08
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03
ЗПН	9.57	9.05	9.01	6.67	7.59
Сума	99.94	100.09	100.10	99.72	99.83
(g/t)					
Cr	1880	1840	1940	1790	1920
Ni	1335	1341	1648	684	915
Cu	22.6	29.4	34.2	47.1	18.8
Co	60.6	63	40.3	20	19.9
Ag	<1	<1	<1	<1	<1
Au	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03

CS-11, CS-11/1 – серпентинити ;

CS-8, CS-9 – талк-тремолит-хлоритови скали;

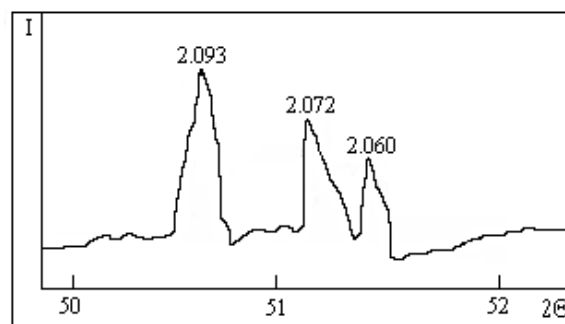
CS-10 – талк-хлоритови скали.

## МИНЕРАЛОГИЯ НА СУЛФИДИТЕ

Сулфидната минерализация в изследваното тяло е представена от моносулфидни твърди разтвори на желязото (*mtr*), пентландит и пирит и е включена в серпентинитовата матрица на скалата. Най-широко разпространените минерали, даващи облика на рудната минерализация са *mtr* и пентландит, които в повечето случаи са интимно преплетени в сложни агрегати, изграждащи прожилки или единични зърна с неправилна форма и размери до 0.6x1.5 cm. Прожилките са широки до около 0.8-1.0 cm и дълги до 5-6 cm. В тази асоциация *mtr* доминират. Пиритът е най-рядък и е представен от единични зърна с неправилна или кристална форма. Рядко асоциира с Fe оксиди (хидроксида).

*Mtr* са представени от троилит и пиротин (моноклинен и хексагонал), неотменно образувачи сложно сраснали агрегати, със структура тип "разпад на твърди разтвори", разновидност - пластинковидна и решетъчна. Според Костов и Минчева-Стефанова (1984) Fe<sub>1-x</sub>S са най-разпространените минерали с никелинов тип (NiAs)

структура и са пример за сулфиди с различни вариации на свръхструктури и нестехиометрични състави. Те се формират при разнообразни условия, като в природата се образуват три различни пиротина: моноклинен Fe<sub>7</sub>S<sub>8</sub>, хексагонал (промеждутъчен) Fe<sub>9</sub>S<sub>10</sub>-Fe<sub>10</sub>S<sub>11</sub>-Fe<sub>11</sub>S<sub>12</sub> и накрая, хексагонал троилит FeS. Близостта на химичния състав и структурата придават значително сходство в оптичните им свойства, което ги прави много трудно разграничими в отразена светлина (Справочник-определятел...). Изследваните моносулфидни агрегати в отразена светлина са светложълти с неясни граници между отделните фази. Критериите за разграничаването им се свеждат до по-силно изразената анизотропия при троилита, докато пиротина е с по-богати цветни ефекти в областта на жълто-кафявите и резедаво-зелените тонове. Изследването на полирани препарати с магнитна суспензия за диагностиране на моноклинен пиротин даде отрицателни резултати относно наличието му. Рентгеноструктурните данни обаче регистрират неговото присъствие в сложните сулфидни агрегати. На праховата дифрактограма в интервала 50 - 52° 2θ (фиг. 1) се наблюдават дифракционни отражения 1 1 4 (2.093 Å) най-силно за троилита; 1 0 0 (2.072 Å) най-силно за хексагоналния (промеждутъчен) пиротин и 3 2 2 (2.060 Å) - едно от най-силните за моноклинен пиротин. Уширението в основата на дифракционно отражение 1 0 0 най-вероятно се дължи на припокриването отчасти на това отражение (най-силно за хексагоналния пиротин) с отражение 2 0 4 на моноклинния пиротин. Освен това на дифрактограмата при около 35° 2θ съществува дифракционно отражение 1 2 2 (2.9710 Å) най-силно за моноклинен пиротин. Независимо, че посочените рефлексии са сравнително слаби, те доказват наличието на моноклинен пиротин, който най-вероятно е по-слабо представен от останалите моносулфиди, а количеството му в сулфидните агрегати е в границите на чувствителността на метода. Получените резултати за d-стойностите на изследваните *mtr* са дадени в таблица 2.

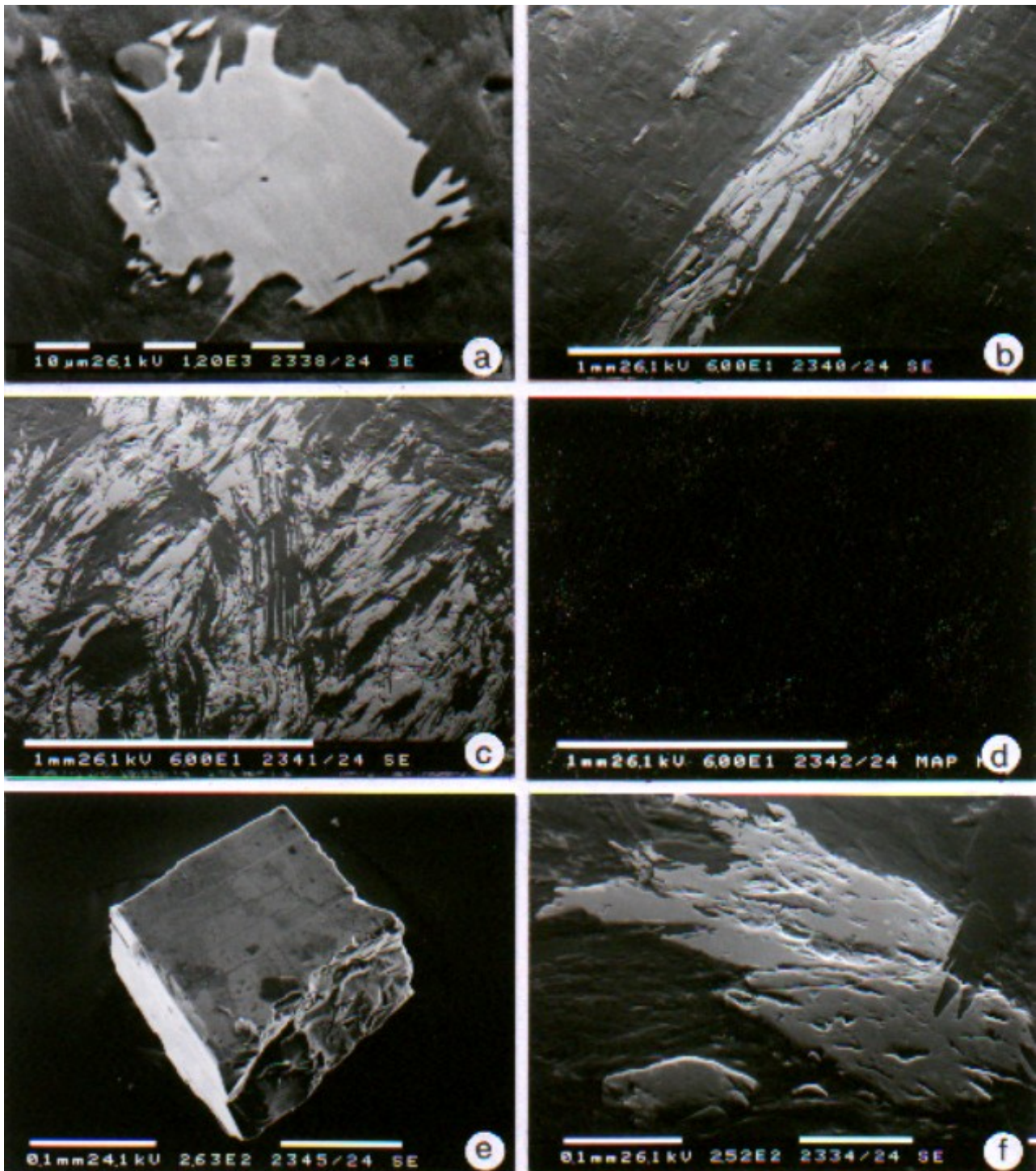


Фигура 1. Междуплоскостни разстояния (Å) 2.093 (троилит), 2.072 (хексагонал пиротин) и 2.060 (моноклинен пиротин) в интервала 50-52° 2θ на прахова дифрактограма на *mtr* от ултрабазити на Централното Средногорие

*Mtr* най-често са сраснали интимно с пентландит, рядко образуват самостоятелни зърна и прожилки. Формата на индивидите е неправилна, почти изометрична (фиг. 2a) или силно удължена (ламеларна) (фиг. 2b, c). Прожилките са изградени от отделни субпаралелно или косо ориентирани фини ламели с дължина до няколко mm. Полираните повърхности на отделните моносулфиди са хомогенни, без

оптически видима зоналност. Съставът им е прост и включва само конституционно изискуемите елементи с много малки количествени вариации между отделните зърна (табл. 3). Стехиометрията на изследваните зърна се изменя от  $Fe_{1.01}S_{0.99}$  до  $Fe_{0.98}S_{1.02}$ . Изследваният пиротин не показва метасоматични замествания, подобни на тези описани за находище "Мартиново" (Тарасова, 1987).

Троилитът се среща главно в метеорити, докато в скалите от Земята се наблюдава много рядко, основно в ултрабазити. Изследваният троилит е първа находка в коренни скали от България. Такъв с извънземен (метеоритен) произход у нас е установен в третия екземпляр от метеоритния дъжд Гумошник (Димов, 1972).



Фигура 2. СЕМ-фотографии на сулфиди в ултрабазити от с. Живково, Централно Средногорие. а – неправилно зърно от мтр; б – прожилка от мтр; с – асоциация мтр- пентландит; d – сканиране по характерично рентгеново лъчение на Ni по "с"; е – кубичен пиритов кристал; f – пирит (тъмносиво), частично окислен до Fe-оксид/хидроксид (светлосиво). Полирани препарати – а-d, f; естествена повърхност – е. Маркер: 10  $\mu m$  – а; 100  $\mu m$  – е, f; 1 mm – б-d.

Таблица 2. Междуплоскостни разстояния (d, Å) на *mpr* от ултрабазити от Централно Средногорие

пиротин				троилит	
Моноклинен		Хексагонален			
d, Å	l	d, Å	l	d, Å	l
2.971	10	2.985	8	4.748	9
2.640	8	2.647	9	2.983	8
2.629	8	2.072	10	2.668	7
2.068	7	1.723	7	2.093	10
2.060	9			1.720	6
2.052	7				

*Пентландитът* се среща винаги сръстнал с *mpr* като в асоциацията има подчинено значение. Най-често изгражда определен сегмент от периферията на получените агрегати или по-рядко е отделен като фини игли сред *mpr* (фиг. 2с, d). Размерите на отделните индивиди варират в много големи граници, като широчината им най-често е няколко микрона, в отделни случаи до 15 μm, а дължината им достига до няколко mm. Полираните повърхности на зърната са плътни (рядко с дребни каверни), еднородни без зоналност, което показва че системата Fe - Ni - S не е повлияна от фазови трансформации от по-късни метаморфни процеси. Съставът му е постоянен като вариациите в количеството на отделните елементи в различните точки на отделните индивиди са много малки, а между отделните зърна се колебаят в сравнително тесни граници (табл. 3). Атомното отношение Ni/Fe е от 0.99 до 1.05, а съдържанието на Co е от 1.23 до 1.30 at %. Според Костов и др. (1986) при стойности на посоченото отношение близки до 1, какъвто е нашия случай става въпрос за нискокобалтов нормален пентландит. Стехиометрията на минерала е от  $(\text{Fe}_{4.43}\text{Ni}_{4.38}\text{Co}_{0.22})_{9.03}\text{S}_{7.97}$  до  $(\text{Ni}_{4.53}\text{Fe}_{4.31}\text{Co}_{0.22})_{9.06}\text{S}_{7.94}$ .

*Mpr*-пентландитовата асоциация се характеризира с взаимоотношения които показват, че агрегатите са образувани в резултат на отсмесване. Получените структури според номенклатурата на Durazzo and Taylor (1982) могат да бъдат определени като мрежест и прожилков тип.

Пиритът е наблюдаван само в един препарат, което вероятно се дължи на ограниченото му разпространение в изследваното тяло. Морфоложки е представен от кубични кристали или от зърна с неправилна форма (фиг. 2е, f). Повърхността на първите е еднородна, плътна, понякога нарушена от дребни каверни, бледожълта. Много рядко поради напреднали процеси на окисление е претърпял фазова трансформация, като отчасти е заместен от Fe-хидроксида. Не е наблюдаван в асоциация с останалите сулфиди. Съставът му включва само Fe и S в количества много близки между отделните зърна. Стехиометрията му е от  $\text{Fe}_{1.00}\text{S}_{2.00}$  до  $\text{Fe}_{1.02}\text{S}_{1.98}$ .

Таблица 3. Химичен състав на сулфидната минерализация в ултрабазити от с. Живково, Централно Средногорие

N	Fe	Co	Ni	S	Сума
Моносулфидни твърди разтвори					
1	63.62			35.39	99.01
2	64.85			35.71	100.56
3	62.41			37.45	99.87
4	63.78			35.40	99.18
5	62.97			37.24	100.21
пентландит					
6	30.92	1.64	34.17	32.73	99.47
7	31.77	1.67	33.03	32.80	99.27
8	31.23	1.68	34.15	32.86	99.92
9	30.96	1.64	34.12	32.85	99.57
10	31.03	1.58	33.96	32.79	99.36
пирит					
11	46.74			53.59	100.33
12	47.26			52.91	100.17
13	46.91			52.78	99.69
14	47.15			52.66	99.81
Формулни коефициенти					
Моносулфидни твърди разтвори					
1	1.01			0.99	
2	1.02			0.98	
3	0.98			1.02	
4	1.01			0.99	
5	0.98			1.02	
пентландит					
6	4.31	0.22	4.53	7.94	
7	4.43	4.38	0.22	7.97	
8	4.51	4.31	0.22	7.96	
9	4.51	4.31	0.22	7.96	
10	4.51	4.32	0.21	7.96	
пирит					
11	1.00			2.00	
12	1.02			1.98	
13	1.01			1.99	
14	1.02			1.98	

## ДИСКУСИЯ

Интерпретацията на рудните структури е най-трудният, но същевременно най-важният аспект в изследването на скалите носители на Fe-Ni-сулфидна минерализация. Богата генетична информация дават отношенията на прорастване между пиротина и пентландита (Durazzo and Taylor, 1982). Данните до момента дават основание да се смята, че от изследваната сулфидна минерализация само *mpr* и пентландита имат парагенетична връзка, докато пирита е образуван в други ограничени в пространството условия. Постмагматичните процеси налагат много висока серпентинизация на първичните ултрабазити от Централното Средногорие, като определена роля е играл нискотемпературния хидротермален метаморфизъм (Кожухарова, 1986). Ограниченото присъствие на сулфиди и магнетит в изследваното тяло индикират за локално променливи условия на  $f(\text{S}_2)$  и  $f(\text{O}_2)$  в процеса на кристализация (Oberthür et al., 1997). Асоциацията *mpr*-пентландит вероятно е възникнала в условията на начална хидротермална промяна на ултрабазитите. Първоначално минерализацията е била по-широко представена в тялото. Образованите структури на разпад на твърди разтвори между двата минерала дават основание да се предполага, че процесите са стартирали

при температура над 300°C (Durazzo and Taylor, 1982). Промяната на температурата е довело до структурни промени при хексагоналния пиротин, в резултат на което се формират субструктури и се образува моноклинен пиротин, а при 142°C става отсмесване на троилита от хексагоналния пиротин (Naldrett et al., 2000). Успоредно с тези процеси е настъпила инверсия в условията – локално повишена  $f(S_2)$  е заменена от висока  $f(O_2)$  и е формиран магнетит. По-късните етапи на техните преобразувания са довели до деструкция на част от тези сулфиди и до ново повишаване на  $f(S_2)$  в отделни участъци, където е образуван пирита. Желязото необходимо за формиране на сулфидната минерализация е освободено от първичните скалообразуващи минерали на ултрабазитите, където основно присъства в двувалентна форма (Желязкова-Панайотова, 1965). Вероятни източници на Ni могат да бъдат по-рано образувани пентландит и Ni-съдържащи минерали (Атанасов и Витов, 1981; Костов и др., 1986).

Сулфидна асоциация, представена от пиротин + пентландит + халкопирит + пирит е описана като носител на елементи от групата на платината (ЕГП) за рудите от Великата Дайка (Зимбабве), където сред сулфидите се наблюдават и минерали на елементите от групата на платината (МГП), представени от сперилит ( $PtAs_2$ ), куперит ( $PtS$ ), мончеит  $PtTe_2$  и меренскиит ( $PdTe_2$ ) (Oberthür et al., 1997). Ултрабазитовото тяло Baula Complex (Индия) е носител на аналогична Ni-Fe-S асоциация, съпътствана също от МГП (доминирани от сперилит), образувана в хидротермални условия (Augé et al., 2002). На базата на тези данни, изглежда напълно възможно при детайлни минераложки изследвания върху сулфидната минерализация в ултрабазитите от района на Централното Средногорие да бъдат установени МГП и някои допълнителни сулфиди на цветните метали (халкопирит, кубанит и др.). По всяка вероятност МГП ще бъдат представени от сулфиди и сродни съединения на предимно силно подвижните в хидротермални условия Pt и Pd. В подкрепа на това становище са находките на минерализации на ЕГП с вероятен хидротермален произход в алувиални разсипи от горните участъци на р. Искър, район близък на изследвания (Tsintsov, 2003).

#### ЛИТЕРАТУРА

Атанасов, В. А., Витов, О. Х. 1981. Милерит, полидимит и ваесит от полиметалното рудопроявление Св. Марина, Хасковско. – *Сп. Бълг. геол. д-во*, 42, 3, 295-303.

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

- Димов, Д. Ив. 1972. Морфология и веществен състав на третия екземпляр от метеоритния дъжд Гумошник. – *Год. СУ, Геол.-географ. фак.*, 65, 1, 167-176.
- Желязкова-Панайотова, М. 1965. Върху поведението на желязото при постмагматичните процеси в Брусевските ултрабазити. – *Год. СУ, Геол.-географ. фак.*, 58, 1, 263-283.
- Желязкова-Панайотова, М. 1989. Серпентинизирани ултрабазити. – В: *Неметални полезни изкопаеми в България*, т. II, С., Техника, 7-41.
- Желязкова-Панайотова, М., Божинов, К. 1989. Талк и талкови суровини. – В: *Неметални полезни изкопаеми в България*, т. II, С., Техника, 130-149.
- Кожухаров, Д., Кожухарова, Е., Христов, Ст. 1980. Докамбрият от северните отдели на Плана планина и Вакарелския рид. – *Сп. Бълг. геол. д-во*, 41, 3, 211-222.
- Кожухарова, Е. 1986. Докамбрийска офиолитова асоциация в Родопском масиве и етапи на нейното развитие. – В: *Достижения Болгарской геологии (27й Международный геологический конгресс, Москва, 1984)*. С., Техника, 126-133.
- Костов, И., Минчева-Стефанова, Й. 1984. *Сульфидные минералы. Кристаллохимия. Парагенезис. Систематика*. М., Мир, 281 с.
- Костов, Р. И., Лапутина, И. П., Бресковска, В. В. 1986. Парагенезиси никелевых сульфидов в Ибреджекском горсте (Восточные Родопы, Болгария). – В: *Кристаллохимия минералов*. С., БАН, 175-183.
- Справочник-определитель рудных минералов в отраженном свете* (Чвилёва, Т. Н., Безсмертная, М. С., Спиридонов, Э. М. и др.). 1988. М., Недра, 504 с.
- Тарасова, Е. 1987. Зоналност и минерален състав на рудните тела от находище "Мартиново". – *Рудообр. проц. и минерал. наход.*, 27, 32-38.
- Augé, Th., Salpeteur, I., Bailly, L., Mukherjee, M. M., Patra, R. N. 2002. Magmatic and hydrothermal platinum-group minerals and base-metal sulfides in the Baula complex, India. – *Can. Mineral.*, 40, 277-309.
- Durazzo, A., Taylor, L. A. 1982. Exsolution in the mss-pentlandite system: Textural and genetic implication for Ni-sulfide ores. – *Mineral. Deposita*, 17, 313-332.
- Naldrett, A. J., Singh, J., Krstic, S., Li, Ch. 2000. The mineralogy of the Voiseys Bay Ni-Cu-Co deposit, Northern Labrador, Canada: Influence of oxidation state on textures and mineral compositions. – *Econ. Geol.*, 95, 889-900.
- Oberthür, Th., Cabri, L. J., Weiser, Th., McMahon, G., Müller, P. 1997. Pt, Pd and other trace elements in sulfides of the main sulfide zone, Great Dyke, Zimbabwe: a reconnaissance study. – *Can. Mineral.*, 35, 597-609.
- Tsintsov, Z. 2003. Platinum-Group Minerals (PGM) from the alluvial sediments of Samokov region, West Bulgaria. – *Rev. Bulg. Geol. Society*, (in press).