

GEOLOGICA MACEDONICA

T. 6

1992—Штип—Štip

Nr. 1



Geol. maced.	T.6	Nr. 1	1-124	Štip	1992
--------------	-----	-------	-------	------	------

Geol. maced.	T. 6	Nr. 1	87-98	Štip	1992
--------------	------	-------	-------	------	------

УДК553.45/497.17 Боров Дол/

Оригинален научен труд
Original scientific paper

МИНЕРАЛЕН СОСТАВ И ПАРАГЕНЕТСКИ ОДНОСИ ВО ПОРФИРСКОТО БАКАРНО НАОЃАЛИШТЕ БОРОВ ДОЛ

Т. Серафимовски*, П. Туцаров**, Г. Митевски**

*Рударско-геолошки факултет – Штип

**ПРМ „Бучим” – Радовиш

АБСТРАКТ

Спроведените современи лабораториски испитувања овозможуваат сестрано објаснување на постанокот на минералната асоцијација во порфирското бакарно наоѓалиште Боров Дол, како и сукцесијата на издвојувањето на поедините минерални видови и минерални парагенези од хидротермалните рудоносни раствори. Посебна особеност покажуваат одделните генерации на пирит во поглед на зголемените содржини на арсен (и до 3.20% As). Дефинираната минерална асоцијација во основа одговара на порфирските наоѓалишта на бакар, придружена со одредени специфичности.

ВОВЕД

Порфирското бакарно наоѓалиште Боров Дол е локализирано во јужните делови на рудниот реон Бучим-Дамјан-Боров Дол, односно во деловите што просторно им припаѓаат на Вардарската зона на ова подрачје. Истражувањата на овие простори датираат уште од пред Втората светска војна, меѓутоа, подробните геолошки истражувања се започнати во 1966 година и тие, со извесни прекин, се изведуваат сè до денес. Напоредно со геолошките истражувања се вршени и континуирани лабораториски испитувања и проучувања на наоѓалиштето, а добиените резултати се презентирани во работите на величковиќ и туцаров (1978), чулев (1978), чулев и др. (1984), митевски и чулев (1986), серафимовски (1990) и др.

Со најновите лабораториски испитувања, чии резултати се прикажани во рамките на овој труд, посебен акцент е ставен врз проучува-

њето на минералниот состав и парагенетските односи во наоѓалиштето, чие осознавање е мошне значајно за поверодостојно толкување на условите на постанокот на наоѓалиштето, можноста за валоризација на одделните компоненти, како и за изнаоѓање на адекватни техничко-технолошки решенија. Ова е дотолку позначајно ако се има предвид дека повеќето порфирски наоѓалишта се одликуваат со полиметален карактер и комплексна минерална асоцијација, што е карактеристика и на наоѓалиштето Боров Дол.

Резултати и дискусија

Врз база на досегашните испитувања извршени од страна на АТАНАСОВ (1977), ИВАНОВ и СЕРАФИМОВСКИ (1984) и др., како и најновите рудномикроскопски испитувања и анализирања на електронска микросонда, во наоѓалиштето Боров Дол е утврдена сложена и разновидна минерална асоцијација, составена од следните рудни минерали: пиротин, халкопиротин, пирит, самородно злато, пецит, магнетит, рутил, сфен, анатас, хематит, спекуларит, мартит, молибденит, халкопирит, кубанит, валерит, борнит, сфалерит, галенит, тетраедит, тенаит, ковелин, дигенит, прустит, халкозин, розе халкозин, сидерит, тенорит и лимонит. Од нерудните минерали како чести придружници на рудните парагенези се кварцот и калцитот.

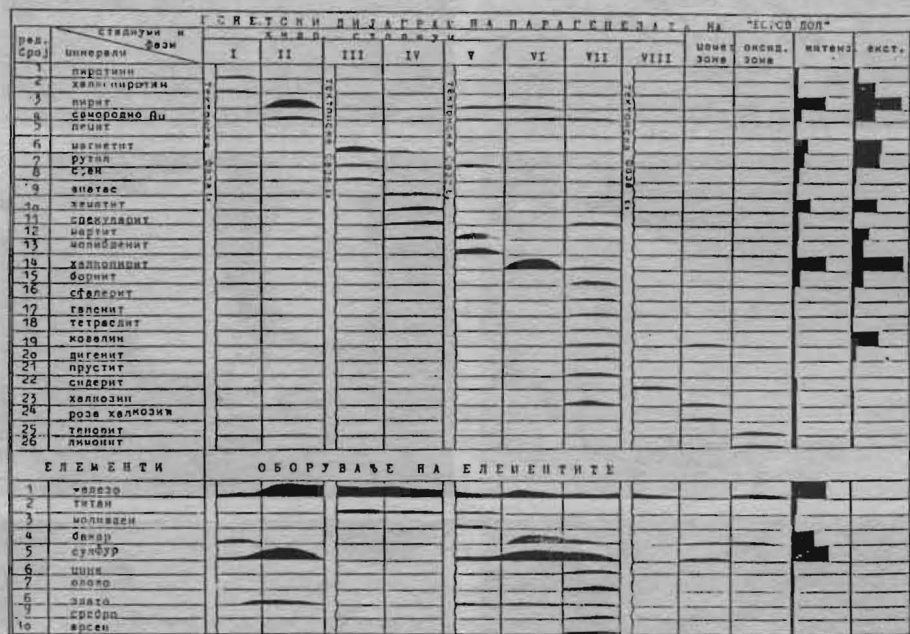
Сукцесивниот ред на издвојување на рудните минерали по стадиуми и фази, екстензитетот и интензитетот на појавување, како и оборувањето на елементите што влегуваат во составот на рудните минерали, се дадени на Сл. 1. Илустрацијата на микроморфолошките облици и начинот на јавувањето на позначајните рудни минерали во наоѓалиштето Боров Дол се прикажани на Сл. 2, 3 и 4, под а, б, в, г, д, ф.

Треба да се истакне дека најголем дел од набројаните рудни минерали се јавуваат само како минералошки појави и немаат некое поголемо значење во наоѓалиштето. Ваквата констатција може да се согледа и од прегледот што следи.

Пиротинот и халкопиротинот се доста ретки минерали во рудната парагенеза и најчесто се јавуваат во вид на ситни зрна во пиритите, формирајќи карактеристични структури на издвојување или потиснување во вид на птичје око (Сл. 4 а).

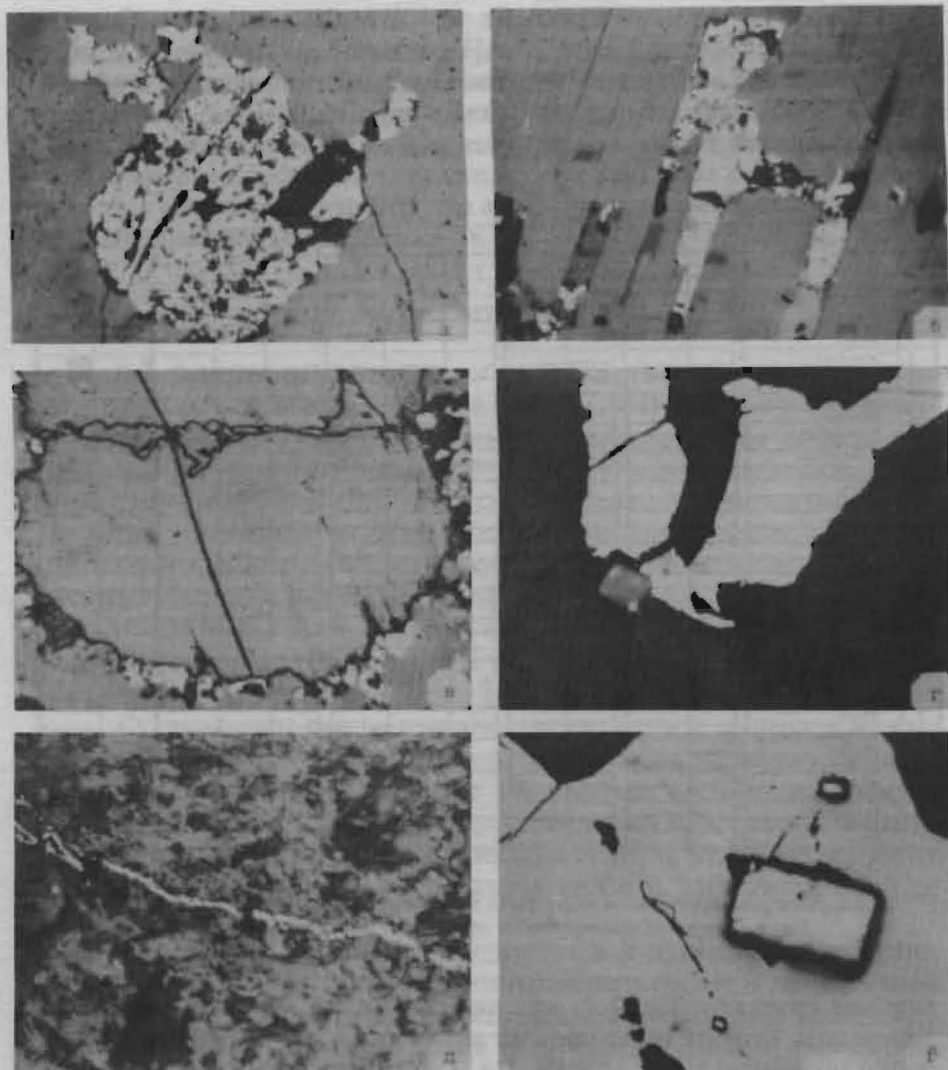
Пиритот, заедно со халкопиритот, е најзастапен руден минерал во наоѓалиштето. Најчесто се јавува во вид на алотриоморфни зрна, зрнести агрегати (со големина од неколку микрони до 1,5 мм) и во вид

на тенки жилички и прожилки. Се издвојува во повеќе фази (Сл. 1) и се јавува во неколку генерации. Најзастапен е пиритот од првата генерација. Тој се јавува најчесто во вид на алотриоморфни агрегати кои во себе вклучуваат пиротин и халкопиротин (Сл. 4 а), а во помала мера самородно злато и пецит. Честопати се јавува во правилни идио-



Сл. 1. Дијаграм на сукесија на рудните минерали од наоѓалиштето Боров Дол
Fig. 1. Diagram of succession of the ore minerals from Borov Dol deposit

морфни кристали (Сл. 2 f) вклопени во халкопиритите од втората генерација. Втората генерација на пирит се јавува најчесто во вид на тенки индивидуални жилички (Сл. 2 д) и прожилки, а наместа и со халкопиритот, кога ги изградуваат штокверците. Третата генерација се јавува во хипидиоморфни до алотриоморфни зрна, најчесто придружени со халкопирит (Сл. 3 а, в). За пиритот од оваа генерација се карактеристични зголемени содржини на арсен. Тоа се всушност посебни минерални фази во пиритите, кои се јавуваат или во вид на зони (Сл. 3 б) или по интерстициите на пиритските зрна (Сл. 3 г).



Сл. 2. ОКСИДНО – СУЛФИДНИ ПАРАГЕНЕЗИ, ПАОЃАЛИШТЕ БОРОВ ДОЛ

а – Магнетитско-хематитски агрегат во хидротермално изменета стена. Зг. 126x.
 б – Ламеларно развиени хематитско-магнетитски агрегати (бело) во хидротермално изменета стена. Зг. 128x. в – Магнетитско-хематитски зрна (бело) развиени по интерстициите на неруден минерал. Зг. 128x. г – Автоморфен кристал на магнетит (сиво) во халкопирит (бело) и кварц (темно). Зг. 128x. д – Пиритска жичка во силно изменета вулканска стена. Зг. 128x. е – Идиоморфен кристал на пирит (бело) во масивен халкопирит (сиво). Зг. 128x.

Овие манифестации кај пиритите се забележани и регистрирани на електронска микросонда, најпрвин во режим СОМРО, а потоа и во секундарни електрони. Содржината на арсенот во одделните испитувани фази е менлива и се движи во границите од 0.5 до 3.20% As, при што најтемните фази содржат најмалку арсен, додека кај посветлите фази содржините на арсенот се поизразени. Составот на овие пирити, како и составите на халкопиритите и двофазните тетраедрит-тенантитски агрегати, се прикажани на Табела I.

Табела I КВАНТИТАТИВНИ РЕГТГЕНОСПЕКТРАЛНИ МИКРОАНАЛИЗИ НА
ОДДЕЛНИ РУДНИ МИНЕРАЛИ ОД ПЛОЧАЛИШТЕТО БОРОВ ДОЛ (%)
Table I QUANTITATIVE X-RAY SPECTRAL MICROANALYSES OF INDIVIDUAL
ORE MINERALS FROM BOROV DOL DEPOSIT (%)

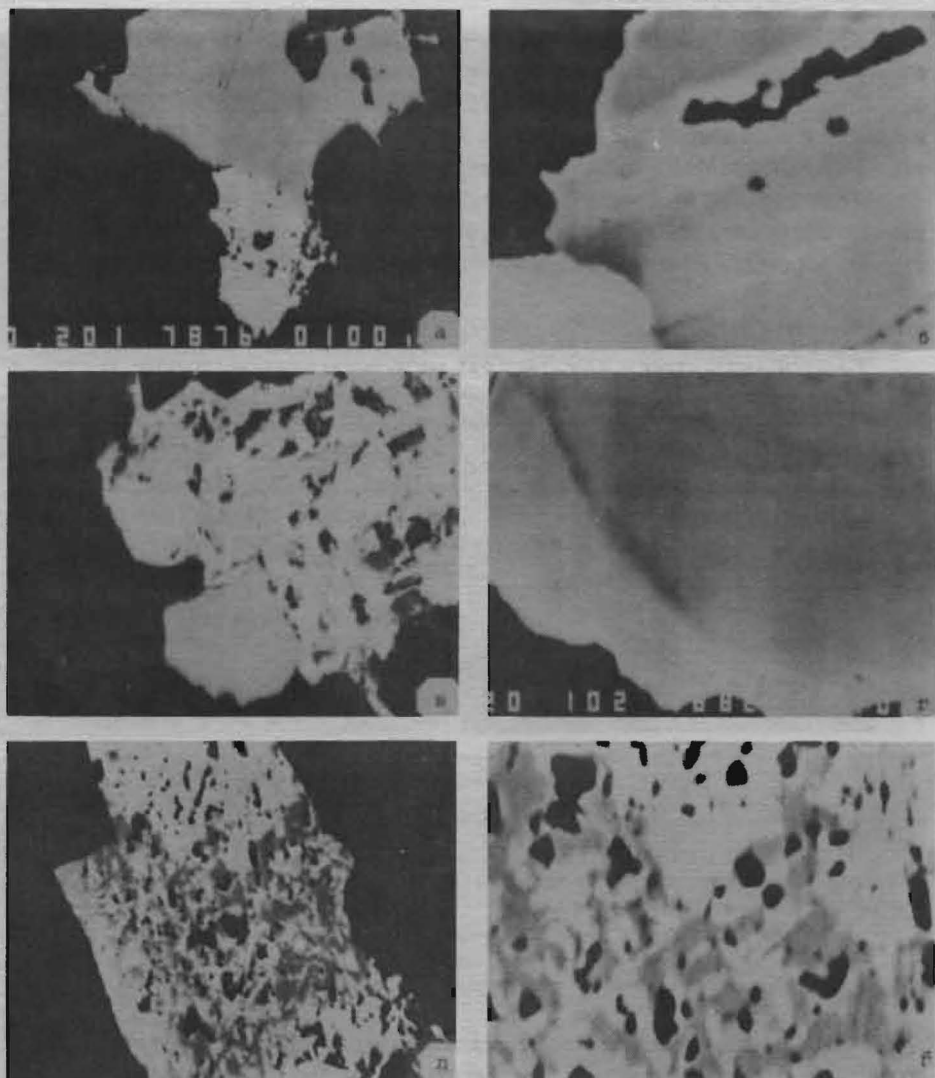
	1	2	3	4	5	6	7
Fe	46.35	45.75	45.50	30.25	30.40	0.80	1.25
Cu	-	0.20	0.35	34.30	34.35	42.50	43.20
Au	-	0.15	0.10	0.20	0.15	-	-
Sb	0.30	0.25	0.20	-	0.15	14.60	12.70
As	3.20	1.60	0.55	0.15	0.25	11.05	10.50
Se	0.25	0.22	0.10	0.20	0.20	-	-
Ni	-	0.20	0.40	0.10	-	-	-
Zn	-	-	-	-	-	6.20	6.60
S	49.20	51.40	52.80	34.20	34.55	24.70	25.85
	99.30	99.77	99.90	99.40	100.05	99.80	100.10

Напомена: 1. пирит (светла фаза) 2. пирит (преодна фаза) 3. пирит (темна фаза)
4. халкопирит (мерен централен дел) 5. халкопирит (мерен периферен дел), 6 и 7
двофазен тетраедрит-тенантитски агрегат

Note: 1. pyrite (light phase) 2. pyrite (transite phase) 3. pyrite (dark phase)
4. chalcopyrite (central part measured) 5. chalcopyrite (rim part measured) 6 and 7
two-phase tetrahedrite-tennantite aggregate

Самородното злато во вид на микронски зрна е забележано во пиритите и халкопиритите, а неговото присуство во овие минерали е потврдено и со испитувањата на електронска микросонда (Табела I). Исто така, ситни зрна на самородно злато се регистрирани и во изменетите нерудни минерали.

Магнетитот е релативно слабо застапен. Тој се јавува во вид на идиоморфни зрна (Сл. 2 – г), алотриоморфни зрнести агрегати или најчесто поврзан со хематитот во хидротермално изменетите партии (Сл. 2 – а). Честопати магнетитот и хематитот се развиваат во вид на



Сл. 3. СКАНИНГ ЕЛЕКТРОНСКИ МИКРОФОТОГРАФИИ, НАОБЛАШТИШТЕ БОРОВ ДОЛ
 а – Пирит (сиво) и халкопирит (бело) во режим СОМРО. Зг. 200x. б – Детал од сл. а, пирит
 снимен во секундарни електрони (издвојување на зони со зголемени содржини на
 As-бело). в – Пирит (сиво) и агрегат на халкопирит (бело) во режим СОМРО Зг. 200x. г –
 Детал од сл. в, пирит снимен во секундарни електрони (венец од пирит со зголемени
 содржини на As-бело по пирит) Зг. 102x. д – Тенантит-тетраедритски агрегат (бело и сиво)
 по халкопирит, во режим СОМРО. Зг. 460x. е – Детал од сл. д, тетраедрит-тенантитски
 агрегат. Зг. 52x.

ситнозрнести агрегати околу хидротермално променетите нерудни минерали (Сл. 2 – в). Магнетитот понекогаш е зафатен со мартитизација по ободот на зрната.

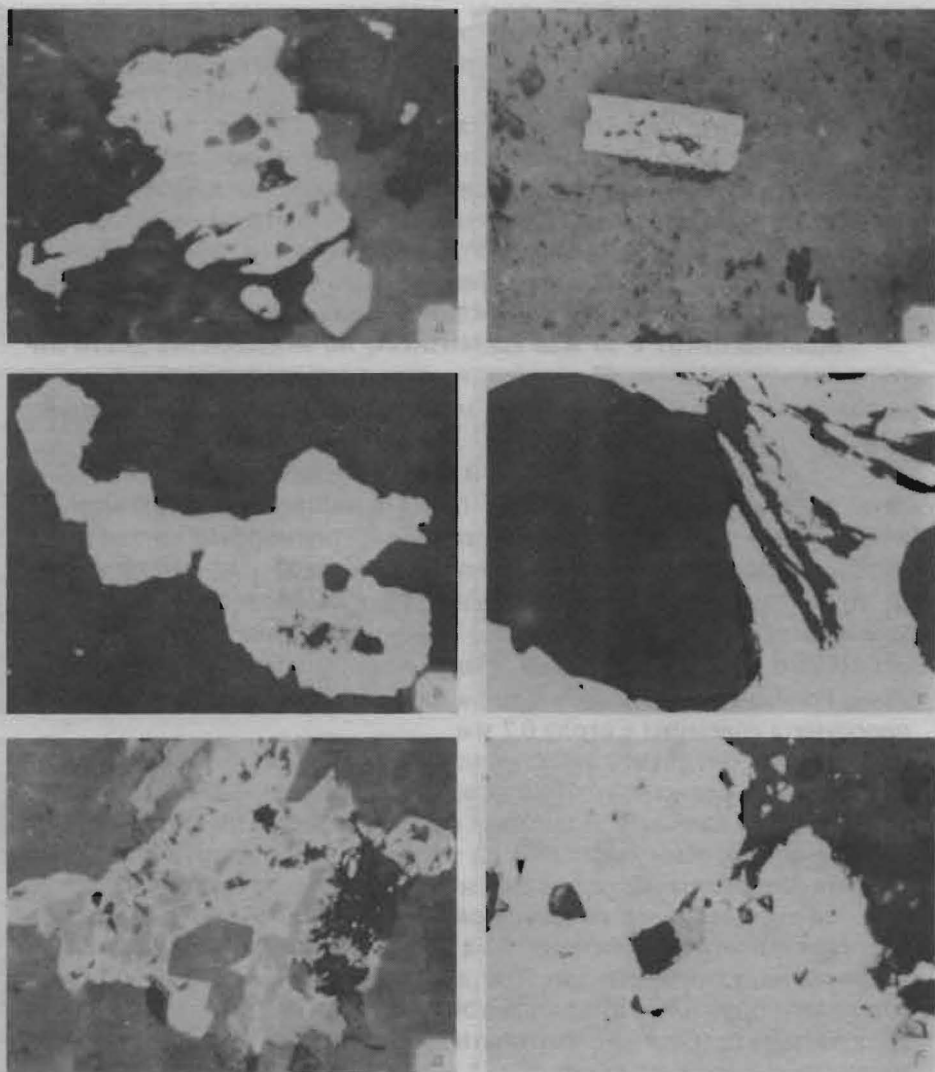
Минералите на титанот настапуваат како рутил, сфен и анатас. Тие се појавуваат најчесто во вид на ситни алотриоморфни зрна и се доста ретки. Рутилот настапува во две генерации и тоа: како високотемпературен, кој е богат со железо и има црвени внатрешни рефлекси и нискотемпературен, со жолти внатрешни рефлекси. Местимично се забележуваат преоди во анатас. Сфенот е поретко застапен од рутилот и се појавува во карактеристични клинесте форми.

Молибденитот е со мал екстензитет, но местимично доста интензивно се појавува. Настапува во вид на листести, прачкасти и неправилни агрегати, а на места и во вид на идиоморфно развиени плочести кристали (Сл. 4 – б).

Халкопиритот е најзастапен и воедно најзначаен руден минерал. За него е поврзана скоро целокупната бакарна минерализација во наоѓалиштето. Се појавува најчесто во алотриоморфни до хипидиоморфни зрна и зрнести агрегати во рамките на хидротермално изменетите вулкански стени, маскирајќи ги при тоа формите на изменетите нерудни минерали. Доста често халкопиритот настапува во вид на жилички и прожилци, кога се формира штокверктниот тип на оруднување. Големината на зрната варира од неколку микрометри до 0.5 мм, а просечната големина е околу 0.2 мм.

Спрема оптичките својства, начинот на појавувањето и односот со останатите рудни минерали, може да се констатира дека халкопиритот настапува во повеќе генерации (најмалку три). Првата генерација во сосема мал обим настапува со високотемпературните минерали. Втората генерација настапува најчесто со пиритот (наместа го вклопува) и се карактеризира со ламеларна градба (Сл. 4 – г, ѓ). Наместа е распукан и пресечен со жилички од нерудни минерали, а понекогаш и вклопува нерудни минерали. Третата генерација настапува во вид на жилички и прожилки, а се развива обично во масивни хипидиоморфни зрна и агрегати (Сл. 4 – в). Честопати во него метасоматски се развиваат идиоморфни зрна на кварц (Сл. 4 – г, д) и се гледа структурата на распад, кога за сметка на него се развива борнит.

Во халкопиритите од постарите генерации се забележува појава на енаргити и фаматинити, доста често на борнит и ковелин (Сл. 4 ѓ), како и халкозин. Ваквите појави се констатирани во повисоките делови од наоѓалиштето, а само на едно место се забележани халкозин, дигенит и ковелин во халкопирит на длабочина од 250 м. Во приповршинските делови околу халкопиритот се развива и тенорит.



Сл. 4. СУЛФИДНИ И СУЛФОСОЛНИ ПАРАГЕНЕЗИ, ПЛОЌАЛИШТЕ БОРОВ ДОЛ
 а – Издвојување на халкопиротин и пиротин (темно сиво во пирит (бело). Зг. 128x. б –
 Единичен прачкаст кристал на молибденит во хидротермално изменета стена, долу десно
 зрно од халкопирит. Зг. 128x. в – Двофазен кристал енаргит-фаматинит (сиво) во
 хипидиоморфен халкопирит (бело). Зг. 128x. г – Прачкаст ламерален енаргит-фамати-
 нитски агрегат (сиво) во халкопирит (бело) и кварц (темно). Зг. 128x. д – Метакристал на
 кварц (темно сиво), и борнит (сиво) во халкопирит (бело). Зг. 128x. е – Ковелин (сиво) и
 кварц (темно) во халкопиритска основа (бело). Зг. 128x.

Тенантитот и тетраедритот имаат мал интензитет и екстензитет и обично се јавуваат во ситни зрна и неправилни агрегати во халкопиритот (Сл. 3 д, f), како и во жилните форми на појавување заедно со галенитот и сфалеритот, кои исто така се слабо застапени, со исклучок на индивидуалните кварц-галенит-сфалеритски жили.

Енаргитот, фаматинитот, и борнитот најчесто се развиваат во халкопиритот, и тоа или како двофазни агрегати (Сл. 4 в, г) или во структури на распад (Сл. 4 д).

Сидеритот е забележан во жилички што се создавани по сулфидната фаза и настапува заедно со други (најчесто) нерудни минерали, а при површината е оксидиран.

Лимонитот и теноритот се јавуваат исклучиво во приповршински услови, во зоната на оксидација, и настапуваат за сметка на примарните сулфидни минерали.

Издвоените хидротермални минерални видови во наоѓалиштето Боров Дол градат сложени парагенетски односи, кои можат да се групираат во неколку основни типови на минерални парагенези:

– *Високотемпературна сулфидна парагенеза*

пиротин, халкопиротин, пирит, халкопирит, сам. злато

– *Високотемпературна оксидна парагенеза*

магнетит, рутил, хематит, сфен

– *Среднотемпературна оксидна парагенеза*

магнетит-II, рутил-II, спекуларит, мартит, анатас

– *Среднотемпературна сулфидна (кварц-пирит-халкопирит-молибденитска) парагенеза*

пирит, халкопирит-II, молибденит, самородно злато, кубанит, валерит

– *Средна до нискотемпературна сулфидно-сулфосолна парагенеза*

пирит-III, халкопирит-III, галенот, сфалерит, тенантит, тетраедрит, енаргит, фаматинит, борнит, халкозин

– *Нискотемпературна оксидно-карбонатна парагенеза*

кварц, сидерит, калцит

– *Супергена парагенеза*

оксидациона: лимонит и тенорит

цементациона: халкозин и ковелин

Издвојувањето на рудните парагенези во наоѓалиштето Боров Дол е извршено врз база на согледаните односи на минералите и нивниот сукцесивен ред на издвојување, но не и преку температурите на хомогенизација на покарактеристичните минерали, бидејќи такви испитувања досега не се вршени.

ЗАКЛУЧОК

Со извршените лабораториски испитувања во наоѓалиштето Боров Дол е утврдена разновидна минерална асоцијација и дефинирани се комплексни минерални парагенези, настанати полифазно во рамките на хидротермалниот процес на образување, кои во основа одговараат на порфирските бакарни наоѓалишта.

Од констатираните минерални видови доминираат сулфидите и сулфосолите, а во зависност од промената на режимот на хидротермалните раствори, во условите на зголемен оксидационен потенцијал, во одделни делови од наоѓалиштето, регистрирани се зголемени интензитети на оксидните парагенези, во кои доминираат магнетитот и хематитот. Сепак, основен руден минерал и главен носител на бакарното оруднување во наоѓалиштето Боров Дол е халкопиритот, редовно придружен од пирит, наместа од борнит, енаргит, молибденит, фамагинит, самородно злато, пецит, а во силифицираните жични партии и од галенит, сфалерит, тетраедрит и др. Оксидационо-цементационата зона во наоѓалиштето Боров Дол е слабо развиена па оттаму и карактеристичните минерали за оваа зона (куприт, тенорит, халкозин, ковелин и др.) се со слаб интензитет и екстензитет.

Во дел од испитуваните пирити е констатирана нееднородност во составот, што се огледа во појавата на зголемени содржини на арсен (од 0.5 до 3.20% As), чија распределба е регистрирана по интерстициите на пиритските зрна или во рамките на одделните зони на пиритските зрна. Во зависност од микроморфолошките облици на појавување, односот со другите минерални видови и асоцијацијата на елементите, ваквите испитувани пирити одговараат на пиритите од подоцнежните генерации, создавани на пониски температури.

SUMMARY

MINERAL COMPOSITION AND PARAGENETIC RELATIONS IN THE PORPHYRY COPPER DEPOSIT BOROV DOL

T. Serafimovski*, N. Tudarov**, G. Mitevski**

Faculty of Mining and Geology, Stip

PRMB — Buchim, Radovis

Borov Dol ore deposit is situated in the southern parts of Buchim-Damjan-Borov Dol ore district, in the area of the Damjan block, in other words, in the parts which spatially belong to the Vardar zone. The detailed geological investigations which lasted from 1966 till today determined a porphyry copper mineralization located in coarse porphyry hydrothermally altered neogene volcanics (latites, quartzlatites) but in the shape of semi-ring round the andesitic neck that had cut across the altered volcanics. Parallel to the geological investigations continuous scientific investigation and examinations were made and the obtained results have been published in many editions and publications.

The latest laboratory examinations determined heterogenous mineral association and also defined complex mineral parageneses which formed in many phases within the hydrothermal process of occurrence which are essentially related to the porphyry copper deposits.

Sulphides and sulphosalts prevail among the determined mineral types and depending on the change of the regime of hydrothermal solutes, in conditions of increased oxidation potentiality in certain parts of the deposit, increased intensities of oxide parageneses have been recorded with magnetite and hematite prevailing in them.

Nevertheless, chalcopyrite is the essential ore mineral and the main carrier of the copper ore formation in the deposit. It is always accompanied by pyrite, sometimes by bornite, enargite, molybdenite, famatinite, native gold, petzite and in the silicified vein parts it is accompanied by galena, sphalerite, tetrahedrite etc.

The oxidation-supergene-sulphide zone in the deposit is poorly developed and hence the characteristic minerals in this zone (cuprite, tenorite, chalcocite, covellite etc.) are with slow intensity and extensity.

Non-homogeneity in the composition was determined in part of the examined pyrites which reflects in the appearance of enlarged contents of arsenic (from 0.5 to 3.20% As) whose distribution has been recorded along the interstices of the pyrite grains or within the individual zones of pyrite grains. Depending on the micromorphological forms of their occurrence, the relation to other mineral kinds and the association of elements, such examined pyrites correspond to the later generation ones occurred at lower temperatures.

Distinguishing the mineral parageneses into high temperature sulphide paragenesis, high temperature oxide paragenesis, medium temperature oxide paragenesis, medium temperature sulphide paragenesis, medium to low temperature oxide-carbonate paragenesis and supergene paragenesis was made on the basis of the observed relations of minerals in the deposit and their successive order of distinguishing.

ЛИТЕРАТУРА – REFERENCES

- АТАНАСОВ, В., 1977: Извештај од рудномикроскопските испитувања на јадрото од дупнатините од локалноста Боров Дол. Годишен извештај за геолошките истражни работи на објектите Боров Дол, Локва и Ново Село. Стр. фонд на Бучим.
- ВЕЛИЧКОВИЌ, С. ТУЦАРОВ, Н., 1978: Годишен извештај за геолошките истражни работи на објектите Боров Дол и Ново Село. Стр. фонд на рудникот Бучим.
- ИВАНОВ, Т. ВЕЛИЧКОВИЌ, С., 1976: Геологија рудног рејона Дамјан-Бучим. VIII саветовање геолога Југославије, Блед.
- ИВАНОВ, Т. 1982: Металогенетска студија на рудниот реон Бучим – Дамјан – Боров Дол. Стр. фонд на рудникот Бучим.
- ИВАНОВ, Т. СЕРАФИМОВСКИ, Т., 1984: Извештај за прегледаните рудни препарати од локалноста Боров Дол. РГФ – Штип.
- МИТЕВСКИ, Ѓ. ЧУЛЕВ, Ѓ., 1986: Геолошка градба и карактеристика на порфирското бакарно орудиување на Боров Дол. XI конгрес геолога Југославије, Тара.
- СЕРАФИМОВСКИ, Т. 1990: Металогенија на зоната Леце – Халкидик. Докторска дисертација, Штип.
- ЧУЛЕВ, Ѓ. 1978: Синтеза на досега постигнатите резултати од геолошките истражувања на бакарното лежиште Боров Дол. Стр. фонд на рудникот Бучим.
- ЧУЛЕВ, Ѓ. МИТЕВСКИ, Ѓ. ТУЦАРОВ, Н. 1984: Елаборат за пресметка на рудните резерви на Боров Дол – Радовиш. Стр. фонд на рудникот Бучим.