

ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΟΡΥΚΤΟΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ
ΤΟΥ ΜΟΛΥΒΔΟΓΙΑΡΟΣΙΤΗ ΤΩΝ ΣΙΔΗΡΟΜΑΓΓΑΝΙΟΥΧΩΝ
«ΓΚΟΣΣΑΝ» ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΠΑΛ. ΚΑΒΑΛΑΣ
(ΑΝ. ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ)

Γ. ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ, Β. ΠΕΡΔΙΚΑΤΣΗ, Δ. ΗΛΙΟΠΟΥΛΟΥ

ABSTRACT

In the Fe-Mn gossans of the Palia Kavala area, E. Macedonia, plumbojarosite has been identified associated with Fe-hydroxides, such as goethite, lepidocrocite, Mn-oxides-hydroxides such as todorokite, chalcophanite, pyrolusite and arsenic bearing minerals such as scorodite, symplecite etc.

Petrographic and mineral chemistry studies of the samples referred to above show that the plumbojarosite ($PbFe_6(SO_4)_4(OH)_{12}$) of the Palia Kavala gossans is enriched in Pb and As and its molecule contains bendanite with mean empirical composition $(Pb_{1,76-2,54}Fe_{6,18-6,60}(AsO_4)_0,25-0,74(SO_4)_3,17-3,68(OH)_{12})$.

The Lattice constants are:

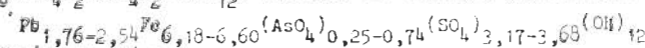
$$a_0 = 0,733 \text{ \AA} (0,004), \quad c_0 = 34,04 \text{ \AA} (0,02)$$

Given that plumbojarosite is a diagnostic mineral of the oxidation zones around polymetallic sulphide mineralizations, it is believed that it could be used as a "path finder" for such mineralizations.

ΣΥΝΟΨΗ

Σε δείγματα Fe-Mn-ούχων "gossan" της περιοχής Παλαιάς Καβάλας εντοπίστηκε μολυβδογιαροσίτης, σε παραγένεση με υδροξείδια σιδήρου (π.χ. γκαϊτίτης-λεπιδοκροκίτης κλπ.) οξείδια-υδροξείδια μαγγανίου (π.χ. τοντοροκίτης, χαλκοφανίτης, πυρολουσίτης κλπ.) και αρσενικούχα ορυκτά (π.χ. σκοροδίτης, συμπλεκίτης κλπ.).

Από την ορυκτολογική και ορυκτοχημική μελέτη των δειγμάτων, προέκυψε ότι ο μολυβδογιαροσίτης $PbFe_6(SO_4)_4(OH)_{12}$ των "gossan" της Παλαιάς Καβάλας, είναι εμπλουτισμένος βασικά σε Pb και λίγο As, περιέχει στο μόριο του μερτανιτίτη $(Pb_{1,76-2,54}Fe_{6,18-6,60}(AsO_4)_0,25-0,74(SO_4)_3,17-3,68(OH)_{12})$ και έχει τον ακόλουθο τύπο:



Οι σταθερές του δείγματος είναι:

$$a_0 = 0,733 \text{ \AA} (0,004), \quad c_0 = 34,04 \text{ \AA} (0,02)$$

Αξιωματικά ότι γενικά ο μολυβδογιαροσίτης είναι χαρακτηριστικό διαγνωστικό ορυκτό των ζωνών οξείδωσης γύρω από θειούχες πολυμεταλλικές μεταλλοσφίρες, πιστεύεται ότι θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σαν "δείκτης μεταλλοσφίρας".

G.S.ECONOMOU, V.PERDIKATSIS, D.ELIOPOULOS - MINERALOGY AND MINERAL CHEMISTRY OF
PLUMBOJAROSITE OF Fe-Mn GOSSAN OF PALAIA KAVALA AREA. (EAST MACEDONIA)

IGME, 70 Messoghion St., 115 27 ATHENS

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

Κατά την πετρολογική και ορυκτολογική μελέτη δειγμάτων σιδηρομαγνητιούχων "γκοσσάν" από την περιοχή της Παλ. Καβάλας, εντοπίσθηκε μολυβδογίαρσοσίτης $PbFe_6(SO_4)_4 \cdot (OH)_{12}$, σε παραγένεση κυρίως με γκαϊτίτη-λεπιδοκροκίτη και ορυκτά του As, όπως π.χ. σκρορνίτη, συμπλεσίτη κ.α.

Δεδομένου ότι ο μολυβδογίαρσοσίτης θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σαν "δείκτης μεταλλοφορίας" (Smirnow, 1954) μας οδήγησε στη συστηματικότερη ορυκτολογική-ορυκτοχημική μελέτη του, γεγονός που γίνεται για πρώτη φορά στην Ελλάδα.

Σύμφωνα με τους Arvanitidis et al. (1987), τα "γκοσσάν" της Παλαιάς Καβάλας αντιπροσωπεύουν ζώνες οξείδωσης, που προέρχονται από πολυμεταλλικές θειούχες μεταλλοφορίες, μεγάλης ποικιλίας και διαφορετικής προέλευσης, όπως:

i) Fe-Zn-Pb (\pm Cu)-Ag, ii) Fe-Cu-Au και iii) Fe-As-Au. Μεταλλοφορίες των τύπων αυτών απαντώνται σε μάρμαρα ή στην επαφή τους με σχιστόλιθους, αντιπροσωπεύοντας σχηματισμούς που κατά τους Arvanitidis et al. (1985), Dimadis et al. (1986) ανήκουν στην Ανώτερη Λυθρακική Σειρά του Ροδοπικού Συμπλέγματος.

Οι ορυκτολογικές παραγένεσεις, που έχουν παρατηρηθεί γενικότερα στα Fe-Mn-Zn-Pb-Cu "γκοσσάν" της Παλ. Καβάλας κατά τους Spathi et al. (1982), Arvanitidis et al. (1987) είναι οι ακόλουθες: οξείδια σιδήρου (γκαιτίτης, αιματίτης, λεπιδοκροκίτης κλπ.), οξείδια μαγνητίου (ταντοροκίτης, πυρολουσίτης, χαλκοφανίτης κλπ.), αρσενικούχα (σκρορνίτης, συμπλεσίτης κλπ.) και ανθρακικά (όπως ασβεσίτης, κερουσίτης, δολομίτης, σιδερίτης κλπ.).

Γενικά τα θειούχα άλατα της σειράς Αλουνίτη-Γίαρσοσίτη-Μπενταντίτη αποτελούν χαρακτηριστικά ορυκτά της ζώνης οξείδωσης θειούχου μεταλλοφορίας. Τα τρία βασικά ορυκτά Αλουνίτης ($K_2Al_6(OH)_{12}(SO_4)_4$), Γίαρσοσίτης ($K_2Fe_6(OH)_{12}(SO_4)_4$) και Μπενταντίτης $Pb_2Fe_6(OH)_{12}(AsO_4)_2(SO_4)_2$ έχουν ίδια ομάδα συμμετρίας ($R\bar{3}m$) και κρυσταλλική δομή και επιτρέπουν ισόμορφες αντικαταστάσεις. Έτσι στους αλουνίτες διακρίνουμε τον Na-Αλουνίτη, στους γίαρσοσίτες τον Na-, NH_4 , Ag-, Pb-γίαρσοσίτη. Παρόμοιες αντικαταστάσεις παρατηρούνται και στον Μπενταντίτη (Ramdohr, 1989).

Ο ακριβής προσδιορισμός του ορυκτού από τις παραπάνω ισόμορφες αντικαταστάσεις απαιτεί συνδυασμό διαφόρων αναλυτικών τεχνικών, (Munne et al., 1966, Shishikiri et al. 1959, Marshaw, 1956). Έτσι ο προσδιορισμός σπανίων μελών της παραπάνω σειράς, με περιθλασιμετρία ακτίνων-X, απαιτεί επιβεβαίωση και με μικροανάλυση.

ΟΠΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΜΟΛΥΒΔΟΓΙΑΡΣΟΣΙΤΗ

Στα εξετασθέντα δείγματα ο μολυβδογίαρσοσίτης πληροί κυρίως τα διάκενα του γκαϊτίτη και εμφανίζεται με τις εξής μορφές (σχ. 1):

Τύπος-α σε ισομορφους, εξαγωνικούς, καστανικίτρινου χρώματος, γενικά ομοιογενείς κρυστάλλους και τύπος-β σε ισομορφους, ρομβοεδρικούς, καστανόχρωμους κρυστάλλους, με σύσταση ανόμοιογενή (κέντρο-περιφέρεια).

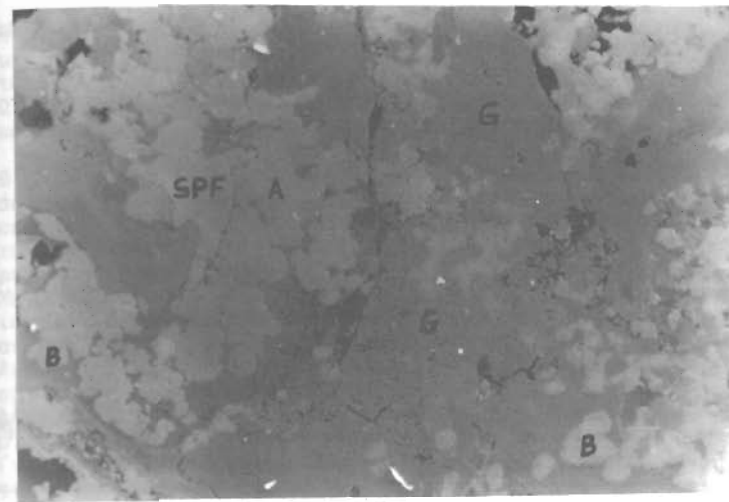
Σε στενή επαφή με τους κρυστάλλους του μολυβδογίαρσοσίτη (που κατά θέσεις εμφανίζεται ιδιαίτερα συμπανής) υπάρχει υπομικροκρυσταλλικό, μη προσδιορισμένο υλικό από θειοάλατα μολύβδου-σιδήρου, που αποτελούν μαζί του το 15-20% των δειγμάτων.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ

Α. ΠΕΡΙΘΛΑΣΙΜΕΤΡΙΑ ΑΚΤΙΝΩΝ-X

Οι μετρήσεις περιθλασιμετρίας ακτίνων-X έγιναν με αυτόματο περιθλασίμετρο τύπου SIEMENS D500 PC. Χρησιμοποιήθηκε λυχνία χαλκού με φίλτρο Νικελίου και μονοχρωμάτωσα γραφίτη. Η επεξεργασία των φασμάτων έγινε με υπολογιστή IBM AT3.

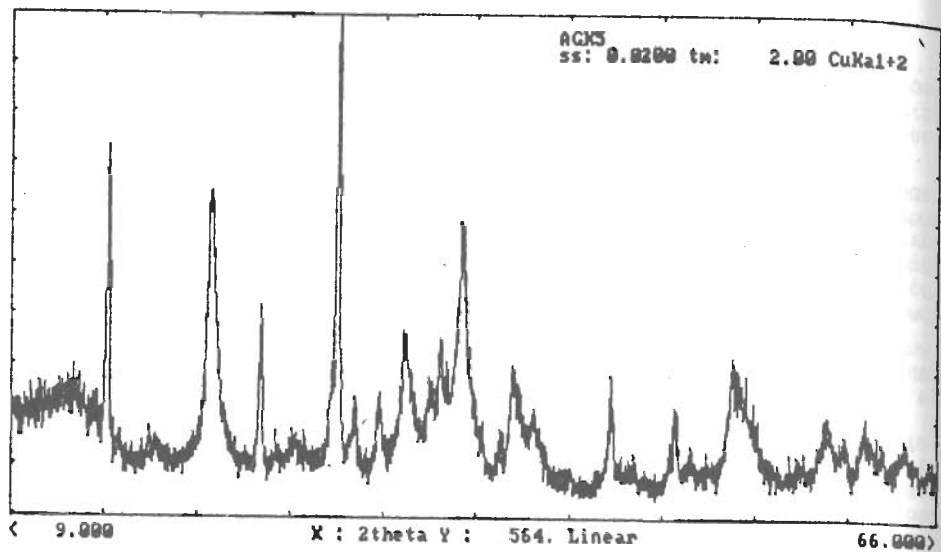
Χαρακτηριστικό διάγραμμα περιθλασιμετρίας, από εξετασθέν δείγμα δίδεται στο σχ. 2α. Ο υψηλός θόρυβος των γωνιογραμμών οφείλεται στη χαμηλή κρυστά-



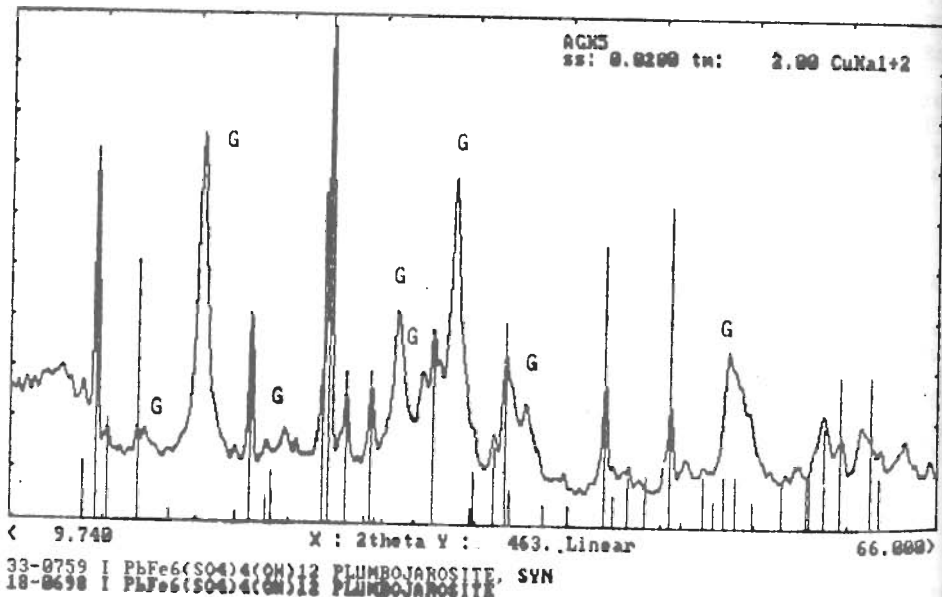
Σχ. 1. α. Μολυβδογίαρσοσίτες τύπου -α (Α) και -β (Β), σε επαφή με γκαϊτίτη (G) και θειοάλατα Pb-Pe (SPY).
α. Types -α (A) and -β (B) plus jarosite in contact with goethite (G) and sulphides of Pb-Pe (SPY).



β. Μολυβδογίαρσοσίτες τύπου -α (Α) ομοιογενούς σύστασης και τύπου -β ανόμοιογενούς σύστασης (κέντρο = περιφέρεια) σε επαφή με γκαϊτίτη (G).
β. Type -α (A) of homogenous composition and type -β (B) plus jarosite in contact with goethite (G).



Σχ. 2. α. Γωνιόγραμμα περιθλασιμότητας ακτίνων-X (μη επεξεργασμένο) δείγματος με μολυβδογιοαρσίτη.
 β. X-ray diffractogram (raw-data) of specimen with plumbogjarosite.



β. Γωνιόγραμμα μετά από εξομάλυνση θορύβου με τις αντίστοιχες γραμμές του μολυβδογιοαρσίτη. Οι γραμμές του συνυφάροντος γκαϊτίτη χαρακτηρίζονται με G.
 β. X-ray diffractogram after smoothing with the plumbogjarosite line.
 The goethite is characterized with G.

ακρότητα κυρίως των ορυκτών του σιδήρου (π.χ. γκαϊτίτη και λεπιδοκροκίτη) και την παρουσία αμόρφων φάσεων. Αποτέλεσμα της χαμηλής κρυσταλλικότητας είναι το σχετικά μεγάλο εύρος των ανακλάσεων του γκαϊτίτη, βάσει των οποίων το μέγεθος των κρυσταλλιτών είναι μικρότερο των 3000 Å.

Οι ανακλάσεις του μολυβδογιοαρσίτη είναι αρκετά έντονες, αποτέλεσμα της καλής κρυσταλλικότητας, γεγονός που επιβεβαιώθηκε και από τις οπτικές παρατηρήσεις.

Ο προσδιορισμός των προαναφερθέντων ορυκτών έγινε μετά από εξομάλυνση και απομάκρυνση των θορύβων, (σχ. 2β) με τη βοήθεια του κατάλληλου λογισμικού της Siemens και του αρχείου Powder diffraction data for minerals, JCPDS. Η αυτόματη αυτή διαδικασία αποκλείει τελείως τον υποκειμενικό παράγοντα στον τελικό προσδιορισμό των ορυκτών.

Με βάση το αρχείο JCPD Mineral-File ο μολυβδογιοαρσίτης φαίνεται να έχει ισομόρφο αντικατάσταση και από Μπενταντίτη (γεγονός που επιβεβαιώθηκε με μικροανάλυση), επειδή οι τιμές d και των δυο ορυκτών είναι παρόμοιες.

Αυτό εξηγείται εφόσον και οι δυο παραπάνω φάσεις έχουν την ίδια ομάδα συμμετρίας R3m, την ίδια δομή και παρόμοιες σταθερές πλέγματος. Οι σταθερές πλέγματος υπολογίστηκαν με την μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων με πρόγραμμα H.Y. (Appleman and Evans, 1973).

Για τον υπολογισμό των σταθερών πλέγματος χρησιμοποιήθηκαν μόνο 11 χαρακτηριστικές ανακλάσεις που αποδίδονται αποκλειστικά στο μολυβδογιοαρσίτη και δεν είναι κοινές με άλλα ορυκτά του δείγματος.

Οι τιμές d χαρακτηριστικού δείγματος μολυβδογιοαρσίτη καθώς και οι σταθερές πλέγματος δίνονται στον πίνακα 1. Για λόγους σύγκρισης στον πίνακα δίνονται και οι αντίστοιχες τιμές από το αρχείο JCPD των ορυκτών μολυβδογιοαρσίτη και Μπενταντίτη (Mumme et al., 1966, Walenda, 1966).

Γενικά οι τιμές d του δείγματος είναι πλησιέστερα των τιμών του μολυβδογιοαρσίτη, από την σύγκριση όμως των τιμών των σταθερών πλέγματος προκύπτει ότι στο πλέγμα του μολυβδογιοαρσίτη θα πρέπει να υπάρχει και ποσοστό Μπενταντίτη. Τόσο η σταθερά a_0 όσο και η c_0 του δείγματος είναι μεγαλύτερες των αντίστοιχων τιμών του καθαρού μολυβδογιοαρσίτη (Mumme et al, 1966).

B. ΜΙΚΡΟΑΝΑΛΥΣΗ

Εξετάσθηκαν στον μικροαναλυτή κρύσταλλοι μολυβδογιοαρσίτη (και στις δυο μορφές του) και το υπομικροκρυσταλλικό υλικό, που είναι σε στενή επαφή μαζί τους.

Οι αναλύσεις έγιναν με τον μικροαναλυτή JEOL SUPERPROPE 733 του IΓΜΕ. Η υψηλή τάση ήταν 20 kV και το ρεύμα δέσμης 9nA. Χρησιμοποιήθηκαν δείγματα αναφοράς (Standards), έγιναν διορθώσεις τύπου ZAF, ενώ ο συντακτικός τύπος των ορυκτών υπολογίστηκε σε H.Y. με το πρόγραμμα Περδικάτης (1986).

Στον πίνακα 2, αναφέρονται οι μικροαναλύσεις που έγιναν στα μελετηθέντα δείγματα (αναλύσεις 3, 4 και 5) καθώς και οι θεωρητικές τιμές των ορυκτών μολυβδογιοαρσίτη και μπενταντίτη (αναλύσεις 1 και 2), για σύγκριση.

Ειδικότερα η ανάλυση 3, αναφέρεται στη σύσταση των ομοιογενών καστανοκιτρίνων κρυστάλλων μολυβδογιοαρσίτη (τύπος-α, όπως προαναφέρθηκε στα οπτικά χαρακτηριστικά). Ενώ οι αναλύσεις 4 και 5 αναφέρονται στις συστάσεις της περιφέρειας και του κέντρου των κρυστάλλων τύπου-β, αντίστοιχα. Είναι αξιοσημείωτο ότι το υπομικροκρυσταλλικό υλικό έχει σύσταση παρόμοια με εκείνη της περιφέρειας (ανάλυση 4) των κρυστάλλων τύπου-β.

Ο υπολογισμός του συντακτικού τύπου των ορυκτών έγινε με δυο τρόπους.

- 1) Με 28 (0) θεωρώντας τη διαφορά του συνόλου της ανάλυσης από το 100, σαν νερό,
- 2) Με 22 (0) για την άνυδρη μορφή του.

Παρόλο που η περιεκτικότητα σε H_2O είναι αυθαίρετη (αναλύσεις 3 και 4), παρατηρούμε ότι τα $(OH)^-$ έχουν τιμές παραπλήσιες των θεωρητικών (που είναι 12).

Γενικά όλες οι αναλύσεις διακρίνονται από την υψηλή περιεκτικότητα τους σε Pb. Παρατηρείται επίσης ότι το άθροισμα των ατόμων Pb^{2+} , Fe^{3+} ισούται με 8, όπως και στον μπενταντίτη, έναντι 7 του μολυβδογιοαρσίτη. Βέβαια οι αναλύσεις

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: ΤΙΜΩΝ d ΚΑΙ ΣΤΑΘΕΡΩΝ ΠΛΕΓΜΑΤΟΣ

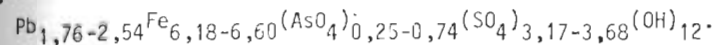
PLUMBOJAROSITE *		BEUDANTITE **		ΔΕΙΓΜΑ	
$PbFe_6(SO_4)_4(OH)_{12}$		$Pb_2Fe_6(AsO_4)_2(SO_4)_2(OH)_{12}$		$Pb_{1,76}Fe_{6,18}(AsO_4)_{0,25}(SO_4)_{3,68}(OH)_{10,60}$	
d	I	d	I	d	I
11,3	14	-	-	-	-
6,232	35	-	-	-	-
5,933	95	5,72	20	5,935	70
5,063	4	5,13	5	5,073	7
4,619	6	-	-	-	-
3,657	30	3,67	70	3,677	35
3,479	30	3,54	20	3,486	5
3,114	45	-	-	-	-
3,066	100	3,08	100	3,036	100
2,964	30	2,97	30	2,982	20
2,812	4	2,84	50	-	-
2,531	18	2,54	50	2,544	33
2,389	10	2,37	20	2,392	8
2,303	16	2,31	20	2,311	11
2,252	20	2,27	60	-	-
1,976	45	1,979	60	1,984	22
1,829	70	1,829	60	1,833	18
a=7,315		a=7,32		a=7,337 (0,004)	
c=33,788		c=34,04		c=34,04 (0,02)	

Από το σύνολο των τιμών d του δείγματος αναφέρονται μόνο αυτές που χαρακτηρίζουν τον Μολυβδογιαροσίτη.

* JCPDS 18-698, MUMME and SCOTT (1966)

** JCPDS 19-689, VALENTA (1966)

δεν μπορούν να αποδοθούν σε μπενταντίτες (λόγω των χαμηλών τιμών του As). Πιστεύουμε ότι πρόκειται για μολυβδογιαροσίτες, εμφανώς εμπλουτισμένους σε Pb και οι οποίοι περιέχουν μόριο μπενταντίτη. Ο χημικός τύπος που μπορεί να δοθεί για τον μολυβδογιαροσίτη της Παλαιάς Καβάλας είναι ο ακόλουθος:

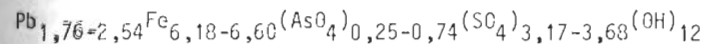


Επίσης χαρακτηριστικό είναι ότι σε μικροαναλύσεις γκαϊτίτη, βρέθηκαν PbO (11-13%) και As_2O_3 (4-5%). Οι τιμές αυτές αποδίδονται σε άμορφα οξείδια μολύβδου-αρσενικού.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τις ορυκτολογικές μας παρατηρήσεις και τις εργαστηριακές μας μελέτες, προέκυψαν τα ακόλουθα:

- Ο μολυβδογιαροσίτης εμφανίζεται σε δυο κύριες μορφές: τον τύπο-α με εξαγωνικούς, ιδιόμορφους, καστανοκίτρινους κρυστάλλους με σύσταση ομοιογενή και τον τύπο-β με ρομβοεδρικούς, ιδιόμορφους, καστανόχρωμους κρυστάλλους με σύσταση ανομοιογενή (κέντρο περισσότερο σιδηρούχο και πτωχότερο σε αρσενικό συγκριτικά με την περιφέρεια, που είναι πιο πλούσια σε Pb και As).
- Σε στενή επαφή με το μολυβδογιαροσίτη βρίσκονται θειοάλατα Pb-Fe, με σύσταση παρόμοια της περιφέρειας των κρυστάλλων τύπου-β, γεγονός που υποδηλώνει ότι υπήρχε πρόσφορά διαλυμάτων πλουσιών σε Pb και μετά-τη δημιουργία του μολυβδογιαροσίτη.
- Ο χημικός τύπος του μολυβδογιαροσίτη της Παλαιάς Καβάλας είναι:



και όπως φαίνεται στο μόριο του περιέχεται και μπενταντίτης. Δεδομένου ότι γενικά ο μολυβδογιαροσίτης είναι χαρακτηριστικό διαγνωστικό ορυκτό ζωνών οξειδώσεως (Blain et al. 1977), γύρω από γνωστά κοιτάσματα μολύβδου (Τουρκία, Μεξικό, ΗΠΑ, Βολιβία, κλπ) (Palache et al. 1951), πιστεύουμε ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν "δείκτης μεταλλοφορίας". Ειδικότερα μάλιστα ο μολυβδογιαροσίτης των "gossan" της Παλαιάς Καβάλας που είναι εμπλουτισμένος σε Pb (και λίγο As), σε συνδυασμό με την παρουσία άμορφων οξειδίων μολύβδου και γκαϊτίτη και το εμπλουτισμένο σε Pb και As υπομικροκρυσταλλικό υλικό που συνυπάρχει, υποδηλώνουν την παρουσία στην περιοχή εστιών θειούχων μεταλλοφοριών ανάλογου τύπου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- APPLEMAN AND EVANS, 1973: Report Nr. 20, USGS-GD-73-003.
- ARVANITIDIS, N.D., DIMADIS E., SCHMITT A., AND ZAMNAS I., 1985: Lithostratigraphic and petrographic studies of part of the Western Rhodope massif area: In progress. In: New concepts in mineral exploration philosophy and their use in the study of different types of polymetallic mineralization in the Rhodope region (Greece). Annual report project, Programme and Abstracts.
- ARVANITIDIS, N.D., COSMAS C., ELIOPOULOS D., PERDIKATIS V., AND ECONOMOU G.S. 1987: Gold mineralisation associated with carbonate-hosted polymetallic gossans in the area of Kavala. A study in progress. Greek-Bulgarian Symposium, Smolec, October.
- BLAIN C.F. AND ANDREW R.L., 1977: Sulphide weathering and the evaluation of gossans in mineral exploration. Minerals Sci Engng, vol. 9, n° 3, 119-150.
- DIMADIS E. AND ZACHOS S., 1986: Geology of the Rhodope Massif, Greece. In: New concepts in mineral exploration philosophy and their use in the study of different types of polymetallic mineralization in the Rhodope region (Greece) Final report.
- MUMME W.G. AND SCOTT T.R., 1966: The relationship between basic ferric sulfate and plumbogjarosite. The American Mineralogist, vol. 51, 443-453.
- PALACHE C., BERMAN H. AND FRONTEL C., 1951: Dana's system of Mineralogy, John Wiley and Sons, Inc., New York, 568-569.
- PERDIKATIS V., 1986: A computer program for mineral formula calculation. IGME, Geol. and Geoph. Res. issue., 377-380.
- RANDORF P., 1980: The rare minerals and their intergrowths. Akademie-Verlag Berlin, v.2, 1202 p.
- SHISHKIN N.V., KROGIUS E.A. AND L'VOVICH P.A., 1959: Genetic connection between basic ferric sulphate 9-hydrate and the minerals of the alunite-jarosite group. Chem. Abs. 53, p.p. 7868-7869.
- SMIRNOW S.S., 1954: Die oxidationszone sulfidischer Lagerstätten. Akademie Verlag Berlin, 312 p.
- SPATHI K., COUVELOU C. AND PERDIKATIS V., 1982: The Fe-Mn mineralization in the area of Palea Kavala. IGME, Mineralogical and Petrological Research, n° 3.
- WALENTA, 1966: Tschermaks Mineral. Petrog. Mitt., 11, p.p. 121-164.
- WARSHAW C.M., 1956: Occurrence of jarosite in underclays. American Mineral., 41, p.p. 288-296.