

| | | | |
|-------------------------|-----------------|-----------------|---------------|
| Πρακτικά | 4ου Συνεδρίου | Μάϊος 1988 | |
| Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ. | Τομ. XXIII/2 | σελ. 271-282 | Αθήνα 1989 |
| Bull. Geol. Soc. Greece | Vol. | pag. | Athens |

ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΤΟΥ
ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΣ ΣΥΜΠΑΓΩΝ ΘΕΙΟΥΧΩΝ Pb-Zn (Au, Ag)
ΤΗΣ ΟΛΥΜΠΙΑΔΑΣ, ΑΝ. ΧΑΛΚΙΔΙΚΗ, ΟΠΩΣ
ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΝ ΑΠΟ ΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΡΕΥΣΤΩΝ
ΕΓΚΛΕΙΣΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ
ΓΕΩΘΕΡΜΟΜΕΤΡΟΥ ΤΟΥ ΑΡΣΕΝΟΠΥΡΙΤΗ. ΣΥΜΒΟΛΗ
ΣΤΗ ΜΕΤΑΛΛΟΓΕΝΕΣΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ
ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΩΝ

Σ. ΚΙΛΙΑ, Σ. ΚΑΛΟΓΕΡΟΠΟΥΛΟΥ

Σ Υ Ν Ο Ψ Η

Το κοιτάσμα συμπαγών θειούχων Pb,Zn (Au,Ag) της Ολυμπιάδας φιλοξενείται από τον κατώτερο ορίζοντα μαρμάρων του σχηματισμού των Κερκυλλίων κατά μήκος της επαφής με τον υπερχεόμενο βιοτιτικό γνεύσιο, στην Αν.Χαλκιδική. Η μεταλλοφορία διακρίνεται σε παραμορφωμένο και μη παραμορφωμένο "τύπο". Πυκνότητες και υπολογισμός ισοχωρών ευθετών πρωτογενών ρευστών εγκλεισμάτων σε σύνδρομο χαλασία, κ' ανάλυση της σύστασης συνυπάρχοντος αρσενοπυρίτη έδειξε ότι αμφοτεροί "τύποι" μεταλλοφορίας σχηματίστηκαν κάτω από συνθήκες θερμοκρασίας 300°C έως 400°C και πίεσης μικρότερης από 800 bar. Το μεταλλοφόρο υδροθερμικό σύστημα συνίσταται από δύο συνυπάρχοντα ρευστά διαλύματα, ενός πλούσιου σε CO₂ (18-33 mol. %) με μικρή περιεκτικότητα σε H₂O και διαλελυμένα άλατα (\bar{x} = 4 κ.β.% NaCl) και ενός δευτέρου πλούσιου σε H₂O με περιορισμένο CO₂ (< 2,2 mol.%) και μικρή αλατότητα (\bar{x} = 4-6 κ.β.% NaCl.). Τα αποτελέσματα αυτά συνηγορούν ότι παραμορφωμένα και μη παραμορφωμένα τμήματα της μεταλλοφορίας σχηματίστηκαν από το ίδιο μεταλλογενετικό φαινόμενο επιγενετικά σε περιβάλλον αντικατάστασης. Μελέτη ρευστών εγκλεισμάτων, συνδυασμένη με ανεξάρτητες μεθόδους γεωθερμομετρίας μπορεί να ξεχωρίσει μεταλλοφορία διαλύματα τύπου Ολυμπιάδας από διαλύματα που συνδέονται με καθολική μεταμόρφωση.

A B S T R A C T

The Olympias Massive Pb,Zn (Au,Ag) sulphide deposit is hosted by the lower marble horizon of the Kerdylia formation along the contact with the overlying greiss, in E.Chalkidiki. The mineralization is distinguished in deformed and non deformed "type". Densities and isochoric path calculations of primary fluid inclusions in gangue quartz, and study of the composition of arsenopyrite showed that both "types" formed under temperatures of 300°C to 400°C and pressures of less than 800 bar; the ore-bearing hydrothermal system consists of two coexisting fluids, one rich in CO₂ (18-33 mol.%) low in H₂O and dissolved salts

IGME, 70, Messoghion St. 115 27 ATHENS

PHYSICOCHEMICAL CONDITIONS OF ORE FORMATION OF THE OLYMPIAS
Pb-Zn (Au,Ag) SULPHIDE DEPOSIT, E. CHALKIDIKI, BASED ON FLUID
INCLUSION STUDIES AND ARSENOPIRITE GEOTHERMOMETRY. CONTRIBUTION
TO METALLOGENY AND EXPLORATION

by Σ. ΚΙΛΙΑΣ and Σ. ΚΑΛΟΓΕΡΟΠΟΥΛΟΥ
Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

(\bar{X} = 4 wt.% NaCl) and a second rich in H₂O with only 2.2 mol.% CO₂ and low salinity (\bar{X} = 4-6 wt.% NaCl). These results suggest that deformed and underformed parts of the mineralization were formed from the same metallogenetic event epigenetically in replacement environment. Fluid inclusion work, especially when combined with independent geothermometers may distinguish ore-bearing fluids of Olympias type, from fluids associated with regional metamorphism.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το κοίτασμα συμπαγών θειούχων Pb-Zn (Au, Ag) της Ολυμπιάδας αναπτύσσεται στον κατώτερο ορίζοντα μαρμάρου του σχηματισμού των Κερδυλλίων ο οποίος μαζί με τον σχηματισμό του Βερτίσκου προς τα δυτικά αποτελούν την επονομαζόμενη Σερβομακεδονική Μάζα (Εικ.1) (Kockel et al., 1977). Ο σχηματισμός των Κερδυλλίων αποτελείται από βιοτιτικούς/βιοτιτικούς κερροσιλιβικούς γνευσίους, αμφιβολίτες και δύο εκτεταμένους ορίζοντες μαρμάρου, έναν ανώτερο και έναν κατώτερο. Προκαταρκτικά γεωχημικά στοιχεία για τους γνευσίους σε συνδυασμό με στοιχεία από Fournaraki (1981) για τους αμφιβολίτες προτείνουν ηφαιστειοϊζηματογενή προέλευση για τα πετρώματα αυτά που θεωρούνται Καμβρίας ή παλαιότερης ηλικίας (U/Pb σε ζιρκόνια, Frei 1987, προσ. επικ.).

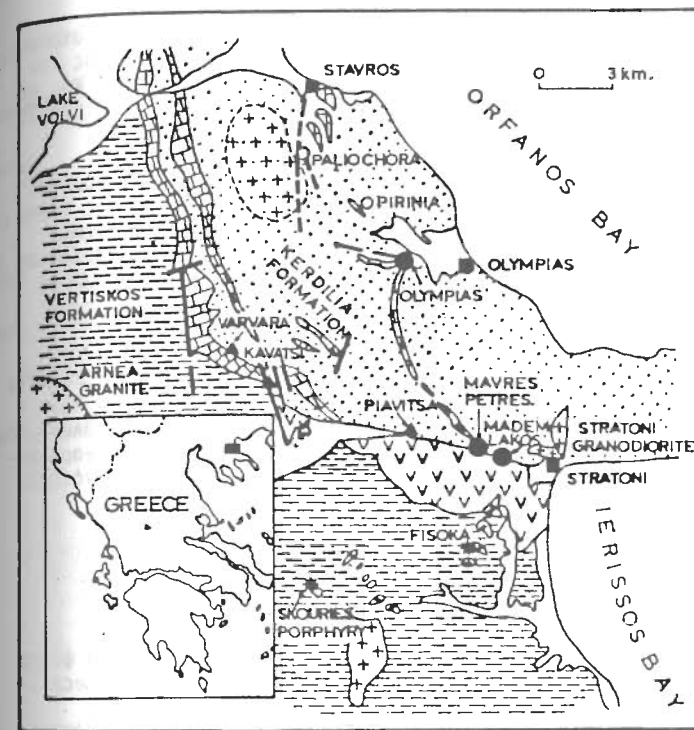
Ο γρανοδότης του Στρατωνίου, που πιθανόν προεκτείνεται κατά πολύ σε βάθος και που διεισδύει στα μετομορφωμένα πετρώματα του σχηματισμού των Κερδυλλίων, έχει μια υβριδική προέλευση από υλικό του φλοιού και του μανδύου (Kalogeropoulos et al., 1988, in prep.). Η ηλικία του σύμφωνα με τη μέθοδο K/Ar σε βιοτιτή είναι 29.6 ± 1.4 εκ χρόνια (Alther and Keller, 1976). Η ευρύτερη περιοχή της Χαλκιδικής υπέστη μια Τριτογενή μαγματική δράση η οποία επεκτείνεται από 50 έως 30 χρόνια (Alther and Keller 1976, Christofididis et al. 1985, Gerouki et al. 1988, in prep.). Συγχρόνως με τη τριτογενή μαγματική δράση τα πετρώματα του σχηματισμού των Κερδυλλίων διεισδύονται από ηφαιστειογενή γρανοδωρική-γρανιτική σύσταση των οποίων η ηλικία σύμφωνα με περιορισμένα στοιχεία κυμαίνεται από 48 έως 32 εκ. χρόνια (στοιχεία K-Ar και Rb-Sr σε μοσχοβίτες).

Η επονομαζόμενη Σερβομακεδονική Μάζα έχει υποστεί διάφορα στάδια παραμόρφωσης και μεταμόρφωσης (Μουντρακός, 1985, Βεράνης και Μπιτζιός, 1984, Παπαδόπουλος και Κιλίας, 1985). Χαρακτηριστική είναι η προ-Ανωιουρασική αμφιβολιτική μεταμόρφωση με κλειστές ισοκλινείς μικρο-εως μεσο-πτυχές και η ανάδρομη μεταμόρφωση πρασινοσχιστολιθικής φάσης Ανω-Ιουρασικής έως Κάτω Κρητιδικής Ηλικίας με υπο-ισοκλινείς κλειστές μικρο-εως μεσο-πτυχές με διεύθυνση και βύθιση των αξόνων ΒΔ-ΒΑ.

Σύμφωνα με γεωλογικά δεδομένα της περιοχής και τα προαναφερθέντα γεωχρονολογικά στοιχεία του γρανοδότη της Σιθωνίας οι Kalogeropoulos et al. (1987) συγκλίνουν στην άποψη ότι τα αρχικά στάδια του Τριτογενούς μαγματισμού συμπίπτουν με τα τελικά στάδια παραμόρφωσης τύπου shear που έλαβε χώρα κατά τη διάρκεια φαινομένων λείψσης Ανω Κρητιδικής έως Ηκακαινικής ηλικίας.

Το γεωλογικό περιβάλλον του κοιτάσματος συμπαγών θειούχων Pb, Zn (Au, Ag) της Ολυμπιάδας στην Ανατολική Χαλκιδική αποτελούν βιοτιτικός γνευσίος ο κατώτερος ορίζοντας μαρμάρου και ηφαιστειογενή πετρώματα του Παλαιοζωϊκού ή παλαιότερου σχηματισμού των Κερδυλλίων (Kockel et al., 1977) της επονομαζόμενης Σερβομακεδονικής Μάζας.

Για μια πλήρη περιγραφή της γεωλογίας και των τεκτονικών, μεταμορφικών και μαγματικών συμβάντων της περιοχής ο αναγνώστης παραπέμπεται στην εργασία των Νικολάου και Κοκονίς (1980), Kalogeropoulos et al (1987), Kalogeropoulos et al. (1988).



KERDILIA FORMATION

- BIOTITE GNEISS, BIOTITE-HORNBLende GNEISS, AMPHIBOLITE
- ANATECTIC PHENOMENA
- UPPER AND LOWER MARBLE HORIZONS

VERTISKOS FORMATION

- 2 MICA GNEISS, BIOTITE GNEISS, AUGEN GNEISS, AMPHIBOLITE SCHISTOSE, GRANITIC SILLS, PEGMATOIDS

- GRANITOIDS

- METAGABBRO AMPHIBOLITE

- Pb-Zn (Au, Ag) MINES
 - Pb-Zn (Cu)
 - ▲ Mn
 - * Cu
- MINERALIZATIONS

Εικ. 1.- Απλοποιημένος γεωλογικός χάρτης Ανατολικής Χαλκιδικής. (Kockel et al. 1977 τροποποιημένος)

Fig. 1.- Simplified geologic map of Eastern Chalkidiki, after Kockel et al (1977).

Το κοιτάσμα παρουσιάζεται γενικά στρωματοειδές και κατά θέσεις θρωματόμορφο και αναπτύσσεται μέσα στο κατώτερο μάρμαρο κατά μήκος της επαφής του με τον υπερκείμενο βιοτιτιτικό γνεύσιο (Εικ.2). Η μεταλλοφορία υποκειται και σε τεκτονικό έλεγχο, επεκτείνεται ΒΑ για 1500μ κατά διεύθυνση, κλίνει 30° έως 35° ΝΑ έως βάθος 300μ και έχει μέσο πάχος 12μ. (Νισαίου and Κοκονίς, 1980).

Το μεγαλύτερο τμήμα του μεταλλοφόρου σώματος είναι μη παραμορφωμένο. Ορισμένα όμως περιορισμένα τμήματα δείχνουν χαρακτηριστικά παραμόρφωσης τύπου shear (Καλογερόπουλος et al., 1987). Παραμορφωμένος και μη παραμορφωμένος "τύπος" μεταλλοφορίας χαρακτηρίζονται από την ίδια μεταλλική και μη μεταλλική παραγένεση αποτελούμενη από σιδηροπυρίτη, γαληνίτη, σφαλερίτη, αρσενοπυρίτη και χαλαζία, ασβεστίτη και ροδοχρωσίτη.

Η εργασία αυτή παρουσιάζει συνοπτικά τα κυριότερα αποτελέσματα της μικροθερμομετρικής μελέτης ρευστών εγκλεισμάτων σε χαλαζία και τα αποτελέσματα αναλύσεων της σύστασης του αρσενοπυρίτη από δείγματα μεταλλοφορίας που συλλέχθηκαν από τα επίπεδα -92, -102, -112, -122 και -132 του μεταλλείου της Ολυμπιάδας. Σκοπός της μελέτης αυτής είναι η διερεύνηση των διαφόρων φυσιοχημικών χαρακτηριστικών των μεταλλοφόρων διαλυμάτων (θερμοκρασία, πίεση, σύσταση, πυκνότητα) κατά τη διάρκεια σχηματισμού του κοιτάσματος.

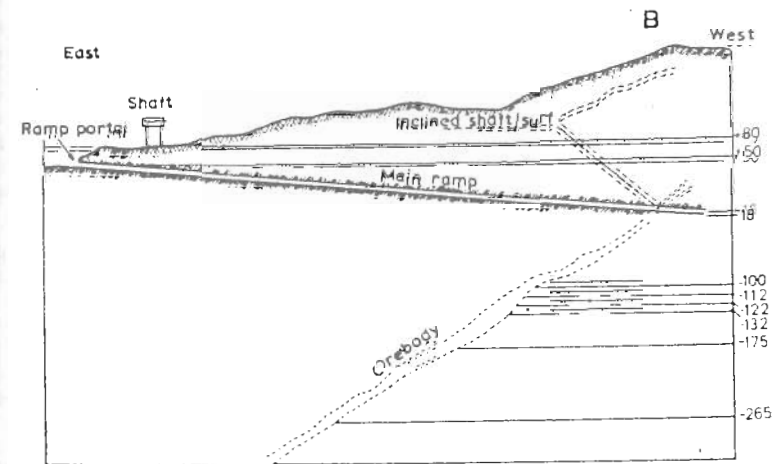
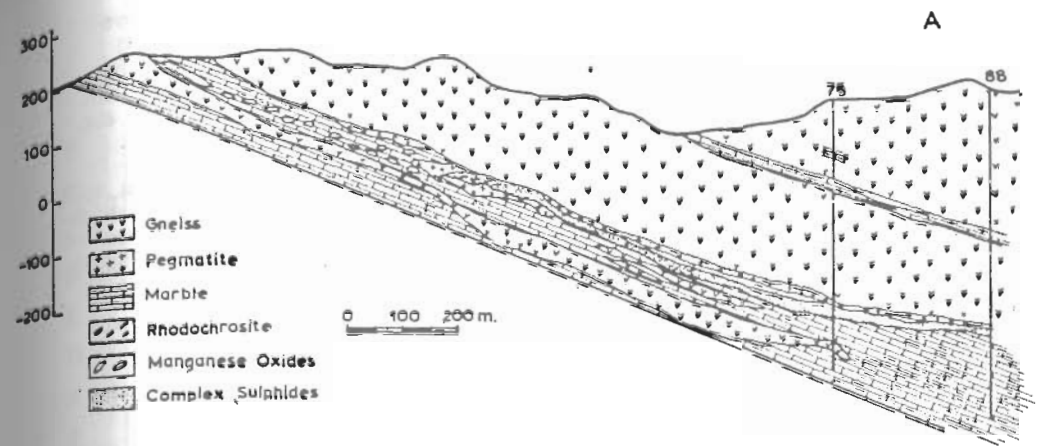
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΙΚΡΟΘΕΡΜΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Οι μετρήσεις αλλαγών φάσεων στα ρευστά εγκλείσματα στη διάρκεια ψύξης και θέρμανσης έγιναν με τη βοήθεια της τράπεζας θέρμανσης-ψύξης Chaixmeca (Poty et al., 1976) για μη παραμορφωμένα δείγματα και της LINKAM TH600 (Sperber, 1981) για παραμορφωμένα δείγματα, σε διπλασιασμένους τομές πάχους 100 έως 300 μικρά. Οι τράπεζες ρυθμίστηκαν για εύρος θερμοκρασιών -180° έως 600°C χρησιμοποιώντας ουσίες (standards) υγρά και στερεά με συγκεκριμένα σημεία τήξης (βλ. Κιλίας, 1985).

Η μικροθερμομετρία σε πρωτογενή (primary) (Roedder, 1984) εγκλείσματα αμφοτέρων των "τύπων" μεταλλοφορίας αποκάλυψε την ύπαρξη των ακόλουθων τριών τύπων εγκλεισμάτων:

Ο Τύπος 1 περιέχει ένα διάλυμα πλούσιο σε νερό με περιεκτικότητα από 0.85 έως 2.2 mol% CO₂ που αποτελείται από μία υγρή (L) και μία αέρια (V) φάση σε θερμοκρασία δωματίου. Ο λόγος V/V+L ποικίλλει μεταξύ 20 και 60% για τα περισσότερα εγκλείσματα. Θερμοκρασίες ομογενοποίησης και συνολικές πυκνότητες ποικίλλουν μεταξύ 250°C και 382°C (\bar{x} =339±25 (μη παρ.) και 297±19 (παρ.), και 0,6 και 0,85 gr/cm³ (\bar{x} =0,70±0,04) αντίστοιχα.

Ο Τύπος 2 περιέχει ένα πλούσιο σε διοξείδιο του άνθρακα υδατικό ρευστό διάλυμα που περιέχει 18 έως 33 mol.% CO₂. Σε θερμοκρασία δωματίου τα εγκλείσματα του τύπου αυτού περιέχουν τρεις (3) φάσεις: νερό (L) CO₂ (L) και CO₂ (V) /H₂O ποικίλλει μεταξύ 70 και 90% κ.σ. θερμοκρασίες τήξης στερεού CO₂ έχουν μέσο όρο -56,6°C που είναι το τριπλό σημείο του καθαρού διοξειδίου του άνθρακα, υποδεικνύοντας ότι το περιεχόμενο CO₂ δεν έχει προσμίξεις CH₄ ή άλλων αερίων. Οι θερμοκρασίες ομογενοποίησης της φάσης του CO₂ (L+V) συγκεντρώνονται γύρω από 20,9±1,9°C για μη παραμορφωμένο και 26±3,4°C για παραμορφωμένο μετάλλευμα υποδεικνύοντας πυκνότητες του CO₂ 0,19±0,02 gr/cm³ και 0,26±0,05 gr/cm³ αντίστοιχα. Θερμοκρασίες συνολικής ομογενοποίησης εκτείνονται από 306°C έως 382°C (\bar{x} =340±20) και συνολικές πυκνότητες από 0,35 έως 0,45 gr/cm³ (\bar{x} =0,36±0,09)



Εικ. 2.- Επιμήκης (A) και εγκάρσια (B) τμήση κοιτάσματος της Ολυμπιάδας (Nisaiou and Kokonis, 1980)

Fig. 2.- Longitudinal (A) and cross (B) section of the Olympus deposit (Nisaiou and Kokonis, 1980).

Πίνακας 1.- Αναλύσεις αρσενοκυριτών με ηλεκτρονική μικροανάλυση, και αντίστοιχες θερμοκρασίες από το θερμοκύμα Pb-Zn(Au,Ag) της Ολυμπιάδας, Α. Χαλκιδική.

Table 1.- Electron microprobe analyses of arsenopyrites and corresponding temperature estimates from the Olympias Pb-Zn(Au,Ag) sulphide ore deposit, E. Chalkidiki.

| Sample no. | FeAsS wt. % | | | Total | FeAsS atomic% | | | Temperat. estimates °C |
|------------|-------------|-------|-------|--------|---------------|-------|-------|------------------------|
| | Fe | As | S | | Fe | As | S | |
| L-112 | 33.65 | 44.69 | 21.55 | 99.89 | 32.17 | 31.85 | 35.88 | 430 |
| | 33.92 | 44.22 | 21.40 | 99.54 | 32.42 | 31.50 | 35.62 | 412 |
| | 34.15 | 44.06 | 21.62 | 99.83 | 32.58 | 31.33 | 35.92 | 399 |
| | 35.26 | 42.37 | 23.14 | 100.77 | 33.16 | 29.70 | 37.90 | 307 |
| | 34.78 | 43.37 | 22.43 | 100.58 | 32.95 | 30.62 | 37.00 | 361 |
| | 34.67 | 42.48 | 23.12 | 100.27 | 32.61 | 29.78 | 37.88 | 314 |
| L-122 | 35.25 | 42.00 | 22.27 | 99.52 | 33.29 | 29.55 | 36.65 | 298 |
| | 34.50 | 43.43 | 23.00 | 100.43 | 32.55 | 30.54 | 37.80 | 356 |
| | 34.95 | 41.50 | 23.06 | 99.51 | 32.80 | 29.03 | 37.70 | 266 |
| | 33.76 | 45.44 | 21.14 | 100.34 | 32.20 | 32.51 | 35.34 | 461 |
| | 33.60 | 44.56 | 22.47 | 100.63 | 31.92 | 31.55 | 37.10 | 415 |
| | 33.97 | 42.63 | 23.02 | 99.62 | 31.97 | 29.90 | 37.70 | 322 |
| L-132 | 33.70 | 46.00 | 20.26 | 100.06 | 32.63 | 33.09 | 34.16 | 489 |
| | 33.45 | 45.13 | 20.57 | 99.15 | 32.23 | 32.40 | 34.50 | 455 |
| | 33.52 | 43.92 | 22.66 | 100.10 | 32.30 | 31.54 | 37.30 | 411 |

Όλα τα δεδομένα για τη σύσταση των δειγμάτων που εξετάστηκαν δείχνουν ότι η θερμοκρασία κρυστάλλωσης των αρσενοκυριτών κυμαίνεται από 266°C μέχρι 489°C με μέση τιμή 370±47°C.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα της μικροθερμομετρικής μελέτης όπως αναφέρθηκαν παραπάνω σε συνδυασμό με μικροσκοπικές παρατηρήσεις της σχέσης κατανομής στο χώρο των διαφόρων τύπων ρευστών εγκλεισμάτων, και τη στενή σχέση των εγκλεισμάτων με τα μεταλλικά ορυκτά, δείχνουν ότι παραμορφωμένα και μη παραμορφωμένα τμήματα της μεταλλοφορίας της Ολυμπιάδας σχηματίστηκαν από παρόμοια διαλύματα που χαρακτηρίζονται από τη συνύπαρξη δυο μη μγγιζομένων ρευστών με διαφορετικό χημισμό. Αυτά είναι: ένα ρευστό διάλυμα πλούσιο σε CO₂ και μικρή περιεκτικότητα σε νερό και διαλυμένα άλατα και ένα δεύτερο διάλυμα πλούσιο σε νερό με ελάχιστο περιεχόμενο ποσοστό σε CO₂ και μικρή έως μέση αλατότητα. Τα δύο αυτά ρευστά διαλύματα αντιπροσωπεύονται από το περιεχόμενο των εγκλεισμάτων τύπου 2 και τύπου 1 αντίστοιχα.

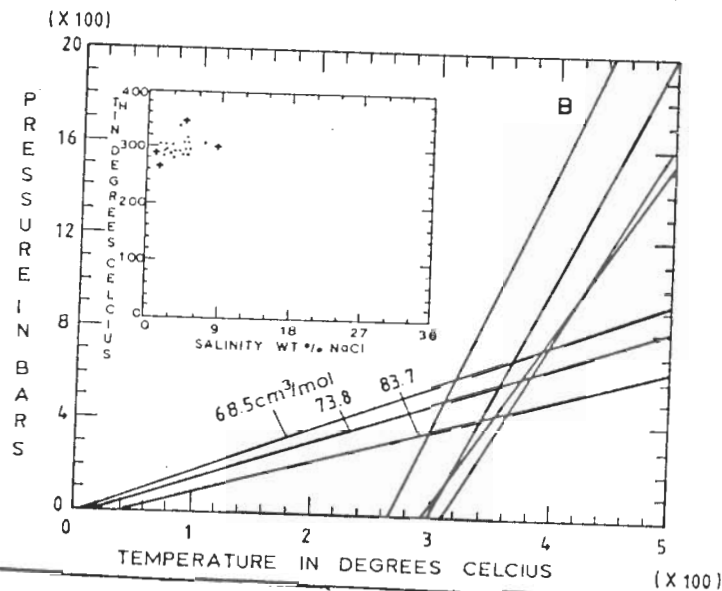
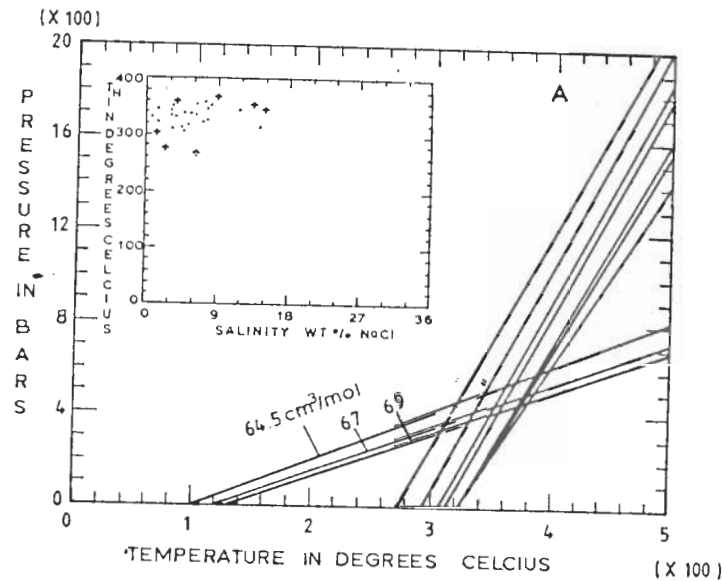
Η συνύπαρξη των δύο αυτών τύπων εγκλεισμάτων σε πρωτογενή κατανομή επιτρέπει τον υπολογισμό των συνθηκών πίεσης και θερμοκρασίας σχηματισμού με τη βοήθεια των ισόχωρων ευθειών των εγκλεισμάτων που υπολογίζονται και σχεδιάζονται από εξισώσεις ευθειών που περιγράφουν απλά χημικά συστήματα, με βάση τα αποτελέσματα της μικροθερμομετρικής μελέτης. Η επεξεργασία των δεδομένων των εγκλεισμάτων τύπου 1 έγινε στο σύστημα H₂O- NaCl (Potter and Brown, 1977) και εκείνων του τύπου 2 στο σύστημα H₂O-CO₂-NaCl (Bowers and Helgeson, 1983) με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή H/Y.

Η εικόνα 4 παρουσιάζει τις ισόχωρες των εγκλεισμάτων τύπου 2 με μοριακούς όγκους όπως αναγράφονται και των εγκλεισμάτων τύπου 1 με χαρακτηριστικά θερμοκρασιών ομογενοποίησης και αλατότητας όπως φαίνονται στα ένθετα διαγράμματα. Από τις περιοχές τοιγής των δύο ομάδων ισόχωρων ευθειών υπολογίζονται οι συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας σχηματισμού σε 310°C-390°C και 330-600 bar και 300°C- 350°C και 350-750 bar για μη παραμόρφωμένη και παραμορφωμένη μεταλλοφορία αντίστοιχα.

Η σύμπτωση των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών των μεταλλοφόρων διαλυμάτων στους δύο "τύπους" μεταλλοφορίας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι αποτελούν αναπόσπαστα κομμάτια του ίδιου μεταλλογενετικού φαινομένου. Περαιτέρω, με βάση τις συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας που βρέθηκαν φαίνεται ότι ο σχηματισμός του κοιτάσματος δεν μπορεί να έχει σχέση με τη γενική μεταμόρφωση αμφιβολιτικής φάσης προ-Ιουραϊκής ηλικίας της περιοχής και επομένως αποκλείεται το παραμορφωμένο τμήμα της μεταλλοφορίας να έχει μεταμορφωθεί κατά την παραπάνω φάση και να είναι πολύ παλαιότερο του μη παραμορφωμένου.

Το περιβάλλον σχηματισμού της Ολυμπιάδας που χαρακτηρίζεται από υψηλές θερμοκρασίες και αντίστοιχες χαμηλές πιέσεις ομοιάζει με εκείνο κοιτάσματος επιθερμικού- τύπου αντικατάστασης (skarn) επιδεικνύοντας έναν επιγενετικό χαρακτήρα.

Τα αποτελέσματα της μελέτης των ρευστών εγκλεισμάτων σε συνδυασμό με δεδομένα ισότοπων άνθρακα (δ¹³C) και οξυγόνου (δ¹⁸O) σε ασβεστίτες από τη μεταλλοφορία, το κατώτερο μάρμαρο με χαρακτηριστικά υδροθερμικής εξαλλοίωσης (Καλογερόπουλος et al. 1987) και το ανώτερο μάρμαρο μακριά από τη μεταλλοφορία υποδεικνύουν ότι η σχέση μεταλλοφόρων διαλυμάτων στην Ολυμπιάδα αντιπροσωπεύει το αποτέλεσμα ανάμιξης ενός ρευστού πλούσιου σε νερό και διοξειδίου του άνθρακα "μαγματικής" προέλευσης και διοξειδίου του άνθρακα που απελευθερώθηκε από το φιλοξενούν μάρμαρο στη διάρκεια της αντίδρασης με το



Εικ. 4.- Συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας σχηματισμού του κοιτάσματος της Ολυμπιάδας.- Τεμνόμενες ισοχόρες υδαθείς εγκλεισμάτων κλάσμων σε CO₂ (τύπου 2) με μοριακούς όγκους όπως αναγράφονται, και σε εγκλείσματα κλάσμων σε H₂O (τύπου 1) με χαρακτηριστικά θερμοκρασιών ομογενοποίησης και αλατότητας όπως φαίνονται στα ένθετα διαγράμματα. (Α). Μη παραμορφωμένη μεταλλοφορία (Β) παραμορφωμένη μεταλλοφορία.

Fig. 4.- Pressure and temperature conditions of formation of the Olympias deposit. Intersecting isochores of CO₂-rich inclusions (type 2) with molar volumes as indicated, and H₂O-rich inclusions (type 1) with homogenization temperatures and salinities as indicated in the inset diagrams by crosses. (A) Undeformed (B) Deformed ones.

Η σύσταση του αρσеноπυρίτη και τα δεδομένα των ρευστών εγκλεισμάτων δίνουν (δίες θερμοκρασίες απόθεσης του μεταλλεύματος (300 - 400°C). Τα δεδομένα αυτά δείχνουν ότι η σύσταση των αρσеноπυριτών της Ολυμπιάδας αντανακλά κύρια θερμοκρασίες κρυστάλλωσης παρα μεταβολές στην ενεργότητα του θείου.

Με βάση τα στοιχεία που αναφέρθηκαν γίνεται φανερό ότι η μελέτη ρευστών εγκλεισμάτων μπορεί να δώσει τις φυσικοχημικές παραμέτρους εκείνων των διαλυμάτων που σχημάτισαν κοιτάσματα του τύπου Ολυμπιάδας, και να τα ξεχωρίσει από διαλύματα που σχετίζονται μόνο με τη καθολική μεταμόρφωση, ιδιαίτερα μάλιστα όταν συνδυάζεται και με ανεξάρτητες μεθόδους γεωλογικών θερμομέτρων. Η δυνατότητα αυτή παίρνει μεγαλύτερη αξία σε πολυμετάμορφικές περιοχές όπως είναι η Σερβομακεδονική Μάζα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ - REFERENCES

- BARTON, P.B. 1970: Sulfide Petrology. Miner. Soc. Amer. Spec. Pap. 3, 187-198.
- BOWERS, T.S., and HELGESON, H.C. 1983: Calculation of the thermodynamic and geochemical consequences of nonideal mixing in the system H₂O-CO₂-NaCl on phase relations in geologic systems: Equation of state for H₂O-CO₂-NaCl fluids at high pressures and temperatures. Geochimica et Cosmochimica Acta, 47, 7, 1247-1275.
- KALOGΕΡΟΠΟΥΛΟΣ, S.I. 1984: Composition of arsenopyrite from the Olympias Pb, Zn massive sulfide deposit, Chalkidiki Peninsula, N. Greece. N. Jb. Miner. Mh., 7, 296-300.
- KALOGΕΡΟΠΟΥΛΟΣ, S.I., ΜΗΤΖΙΟΣ, Δ., ΗΑΙΟΠΟΥΛΟΣ, Δ., ΒΕΡΑΝΗΣ, Μ. 1987: Γεωλογική Ορυκτολογική και Γεωχημική Μελέτη της Θειούχου Μεταλλοφορίας Pb-Zn (Au, Ag) τύπου Ολυμπιάδας, Ανατολικής Χαλκιδικής, Β.Ελλάδα. Συμβολή στη Μεταλλογένεση, Κοιτασματολογικές Ερευνες, 19, ΙΓΜΕ, 36 σ.
- KALOGΕΡΟΠΟΥΛΟΣ, S.I., ΚΙΛΙΑΣ, S.P., ΒΙΤΖΙΟΣ, D.C., ΝΙΟΛΑΚΟΥ, Μ., and ΒΟΤΗ, R.S. 1988: On the genesis of the Eastern Chalkidiki Peninsula carbonate-hosted Pb-Zn (Au, Ag) massive sulfide ore deposits with emphasis on the Olympias deposit, N. Greece. (Submitted to ECONOMIC GEOLOGY).
- ΚΙΛΙΑΣ, Σ. 1985: Ρύθμιση της συσκευής LINKAM TH 600 για τη μικροθερμομετρική μελέτη ρευστών εγκλεισμάτων, Έκθεση ΙΓΜΕ.
- KOCKEL, F., MOLLAT, H., WALTHER, H. 1977: Erläuterungen zur geologischen Karte der Chalkidiki und angrenzender gebiete 1: 100,000 (Nord-Griechenland) Hannover, 119p.
- KRETSCHMAR, V. and SOGIT, S.O. 1976: Phase relations involving arsenopyrite in the system Fe-As-S and their application. Can. Miner., 14, 364-386.

- NICOLAOU, M., and KOKONIS, I. 1980: *Geology and development of Olympias mine, Eastern Chalkidiki, Macedonia, Greece*, Jones (ed.), *Complex Sulphide Ores*, IMM, London.
- POTTER, R.W. II, and BROWN, O.L. 1977: The volumetric properties of aqueous, sodium chloride solutions from 0°C to 500°C at pressures up to 2000 bars based on a regression of available data in the literature, U.S. Geol. Survey Bull., 1421-C, 36p.
- POTY, B., LEVOY, J., JACHIMOWICZ, L. 1976: Un nouvel appareil pour la mesure des températures sous le microscope: L'installation de microthermomètre Chaixmeca. *Cos. Française Minéralogie Cristallographie Bull.*, 99, 182-186.
- ROEDDER, E. 1984: Fluid Inclusions, *Mineral. Soc. Amer. Reviews in Mineralogy*, 12, 644p.
- SHEPHERD, T. 1981: Temperature programmable Heating - freezing stage for microthermometric analysis of fluid inclusions. *Econ. Geol.*, 76, 1244-1247.