

ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΘΕΡΜΙΚΗΣ-ΠΟΛΥΜΕΤΑΛΛΙΚΗΣ ΜΕΤΑΛΛΟΦΟΡΙΑΣ ΤΩΝ ΠΕΥΚΩΝ ΡΟΔΟΠΗΣ

Ε. Δήμου *, Κ. Μιχαήλ ** και R. Serment ***

ΣΥΝΩΜΗ

Η εργασία αυτή αναφέρεται στην ορυκτολογική σύσταση της μεταλλοφορίας των Πεύκων, η οποία εντοπίζεται σε επιθερμικό περιβάλλονμέσα στη Τριτογενή ηφαιστειοϊζηματογενή λεκάνη Λουτρών-Φερρών.

Κύριο χαρακτηριστικό της μεταλλοφορίας είναι ο μεγάλος αριθμός και οι σπάνιες ποικιλίες μεταλλικών ορυκτών που περιέχει, καθώς και οι σχετικά υψηλές περιεκτικότητες στα σπάνια στοιχεία Te, Au, V, Sn. Διαπιστώθηκαν τρία είδη παραγενέσεων που αντιστοιχούν σε τρία επικαλυπτόμενα στάδια μεταλλοφορίας. Φορείς του χρυσού είναι ο εναργίτης, ο λουζονίτης και ο τενναντίτης. Με βάση το γεωλογικό περιβάλλον, τον τύπο των εξαλλοιώσεων, τα ορυκτολογικά και γεωχημικά χαρακτηριστικά του μεταλλεύματος, η μεταλλοφορία ταξινομείται ως επιθερμική όξινου-θεικού τύπου.

ABSTRACT

This paper refers to the mineralogical composition of the mineralization of Pefka, occurring in the epithermal environment, of the Tertiary volcanosedimentary basin of Loutra-Ferres.

The mineralization is mainly characterized by a great number and rare varieties of ore minerals, as well as by relatively high contents of rare elements such as Te, Au, V, Sn. Three types of assemblages corresponding to three overlapping stages of mineralization, have been indentified. Host minerals of gold are: enargite (mainly), luzonite and tennantite. Based on geological environment, the type of alteration and the geochemical characteristics of the ore, the mineralization is classified as epithermal acid-sulphate type.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η πολυμεταλλική μεταλλοφορία των Πεύκων βρίσκεται περίπου 10 χιλ. Α.ΒΑ της Αλεξανδρούπολης. Η παρούσα μελέτη δίνει έμφαση στην ορυκτολογική σύσταση της μεταλλοφορίας η οποία θεωρείται μία από τις πιο σπάνια απαντώμενες, όσον αφορά την εκπληκτική ποικιλία των μεταλλικών ορυκτών που περιέχει. Προσδιορίστηκαν περισσότερα από 30 μεταλλικά ορυκτά μερικά από τα οποία θεωρούνται πολύ σπάνια και αναφέρονται για πρώτη φορά στον Ελλαδικό χώρο.

Η ορυκτολογική μελέτη της πολυμεταλλικής αυτής μεταλλοφορίας βασίσθηκε σε δείγματα συλλεχθέντα από επιφανειακές εμφανίσεις, σε δείγματα που προέρχονται από το παλαιό stock εξόρυξης (μπάζα εκτεθειμένα έξω από την στοά), σε δείγματα πυρηνοληψίας επιφανειακών ερευνητικών γεωτρήσεων του ΙΓΜΕ κατά την περίοδο 1984-1985, καθώς και σε κάποια δείγματα από παλαιές δειγματοληψίες των ετών

* IGME, 70 Messoghion St, Athens

** IGME, 30 Brokoumi, Xanthi

*** E.N.S.M.P., 60 B^d S^t Michel, Paris

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

1960-1961 που έγιναν μέσα από τις στοές του μεταλλείου (τώρα δείγματα αρχείου BRGM και ΙΓΜΕ)

Δυνατότητα νέας δειγματοληψίας μέσα από τις στοές του παλαιού μεταλλείου Πεύκων δεν υπήρχε, λόγω κατάρρευσής τους.

Ι. ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ- ΠΕΤΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΠΕΥΚΩΝ

Η περιοχή των Πεύκων καταλαμβάνει έκταση 20 τ.χιλ. και αποτελεί μέρος της τριτογενούς λεκάνης Λουτρών-Φερρών (Παπαδόπουλος 1980).

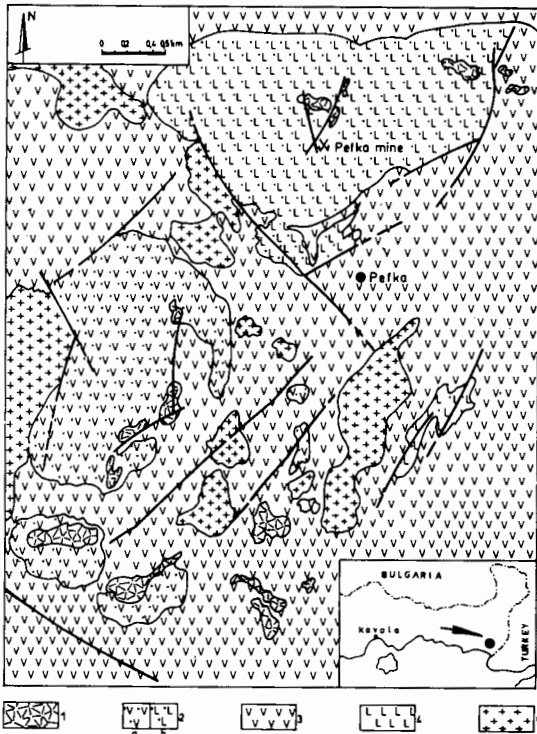
Η γεωλογία, η κοιτασματολογία και η γεωχημεία της περιοχής των Πεύκων έγινε αντικείμενο έρευνας από πολλούς ερευνητές στο παρελθόν (Παρασκευαΐδης 1952, Αναστόπουλος 1961, Burnol 1961, Ρωμαΐδης 1984, Κούβελος κ.ά. 1979-1983-1985, Κατριτζόγλου κ.α.1985, Michael et al 1989).

Γεωλογικά η περιοχή δομείται σχεδόν εξ ολοκλήρου από ηφαιστειακά πετρώματα και τοπικά μόνο παρατηρούνται πολύ λεπτές ενστρώσεις κλαστικών ιζημάτων (Michael et al 1989). Η ηφαιστειακή δραστηριότητα στην περιοχή εκδηλώνεται σε δύο φάσεις. Ενδιάμεσης σύστασης ηφαιστειακά πετρώματα (ανδεσίτες, ρυδοσίτες) εναλλάσσονται με πιο όξινα (ρυσδοσίτες). Τα ενδιάμεσης σύστασης πετρώματα συναντώνται σε μορφή αδρομερών τόφφων, εκχύσεων και λαχάρ (χερσαίο περιβάλλον), τα δε όξινα σε μορφή ηφαιστειακών λατυποπαγών.

Εκτός των ηφαιστειακών πετρωμάτων στην περιοχή συναντώνται και αρκετά υγιή υποηφαιστειακά σώματα (λατίτες) τα οποία διασχίζουν τους παραπάνω σχηματισμούς (Σχ.1).

Τα ηφαιστειακά πετρώματα στην περιοχή είναι έντονα τεκτονισμένα και εξαλλοιωμένα. Σαν κύριες διευθύνσεις τεκτονικών δομών καθορίζονται οι ΒΒΔ, ΒΔ, και ΒΒΑ, ΒΑ. Στη διασταύρωση ΒΒΑ και ΒΒΔ διευθύνση πυριτωμένων τεκτονικών δομών εντοπίζεται και η γνωστή μεταλλοφορία των Πεύκων (Σχ.1).

Η εκτενής υδροθερμική εξαλλοίωση των ηφαιστειακών πετρωμάτων της περιοχής Πεύκων είναι χαρακτηριστική



Σχ.1: Γεωλογικός χάρτης Πεύκων (C.Michael, C.Katirtzoglu,1989).

1. "Πυριτικά καπέλα".
2. Αργιλική/Σερικιτική ζώνη.
3. Προπυλιτωμένοι ανδεσιτικοί, ανδεσιτιτική-δακίτικοί τόφφοι και λαχάρ
4. Προπυλιτωμένοι ρυδοσίτες.
5. Λατίτες.

Fig.1: Geological map of Pefka (C. Michael, C.Katirtzoglu,1989).

- 1."Silica caps"
2. Argillic/Sericite zone.
3. Propylitic alteration of andesite, andesite-dacite tuffs, and lahars.
4. Propylitic alteration of rhyodacites.
5. Latites.

για επιθερμικά περιβάλλοντα. Με βάση τα τυπόμετρα ορυκτά διαχωρίστηκαν οι παρακάτω ζώνες εξαλλοίωσης (Michael et al. 1989):

α) Πυριτική ("silica caps"): χαλαζίας + αλουνίτης

β) Αργιλ./σερικιτική: χαλαζίας, καολινίτης+σερικήτης, αλουνίτης

γ) Προπυλιτική: επίδοτο, χλωρίτης, ανθρακικά

Αρκετά εμφανής και χαρακτηριστική είναι η οριζόντια ζώνωση των εξαλλοιώσεων ενώ για την κατακόρυφη τα στοιχεία είναι ελλιπή, αφού δεν υπάρχει δυνατότητα οπτικής παρατήρησης (αβαθείς ερευνητικές γεωτρήσεις, στοές μεταλλείου μη προσπελάσιμες).

II. ΜΕΤΑΛΛΟΦΟΡΙΑ

Η μεταλλοφόρος εμφάνιση των Πεύκων, όπου και το ομώνυμο παλαιό Μεταλλείο των Πεύκων, βρίσκεται ένα περίπου χιλιόμετρο ΒΔ του χωριού Πεύκα. Οι επιφανειακές ενδείξεις είναι περιορισμένες, αλλά οι μεταλλικές παραγενέσεις τους είναι τόσο πλούσιες σε ορυκτολογικά είδη και ποικιλίες, ώστε η περίπτωση της μεταλλοφορίας των Πεύκων να θεωρείται μία από τις πιο σπάνιες. Ένα επί πλέον χαρακτηριστικό της πολυμεταλλικής αυτής μεταλλοφορίας είναι οι σχετικά υψηλές περιεκτικότητες σε σπάνια στοιχεία όπως Au, Te, V, Sn.

Η μεταλλοφορία των Πεύκων εντοπίζεται κυρίως σε μία πυριτωμένη ζώνη ορατού μήκους μεγαλύτερου των 500 μέτρων που κόβει κυρίως τοφικά πετρώματα. Μέσα σ' αυτήν την ζώνη η μεταλλοφορία βρίσκεται είτε σε χαλαζιακές κυρίως φλέβες μερικών μόνο εκατοστών έως 2 μέτρων πλάτους που ακολουθούν την ίδια διεύθυνση της πυριτωμένης ζώνης, είτε σαν διάσπαρτη. Στις θέσεις όπου τα ρήγματα κόβουν την πυριτωμένη ζώνη η μεταλλοφορία είναι αυξημένη.

Τρεις κύριοι τύποι παραγενέσεων αναγνωρίστηκαν, που φαίνονται να προκύπτουν από τρία διαδοχικά αλληλοεπικαλυπτόμενα στάδια μεταλλοφορίας ("Pb-Zn/ούχος" παραγένεση, "χαλκούχος" παραγένεση και "αντιμονιούχος" παραγένεση).

1) " Pb - Zn/ούχος" παραγένεση.

Είναι η πιο απλή παραγένεση, η οποία θεωρήθηκε αρχικά σαν κυρίαρχη και χαρακτηριστική του μεταλλεύματος των Πεύκων. από την παρούσα όμως μελέτη προέκυψε ότι η επόμενη "χαλκούχος" παραγένεση αποτελεί το κύριο στάδιο της μεταλλοφορίας. Δεν υπάρχει σαφής διαχωρισμός από την χαλκούχο παραγένεση και μάλιστα σε αρκετά δείγματα παρατηρείται αλληλοεπικάλυψη των ορυκτών φάσεων. Προφανώς αντιστοιχεί σ' ένα πρώτο στάδιο μεταλλοφορίας (Pb-Zn-Fe-As-Cu-Sn).

Συνίσταται κυρίως από γαληνίτη, βουρνονίτη, αρσеноπυρίτη, σφαλερίτη, σιδηροπυρίτη, πολυμεταλλίτες, χαλκοπυρίτη, βουλανζερίτη, σταννίτη.

Συμμετέχουν επίσης τα διαφανή ορυκτά χαλαζίας και βαρύτης.

Σιδηροπυρίτης: η περιεκτικότητά του ποικίλει από δείγμα σε δείγμα, χωρίς να είναι ιδιαίτερα υψηλή. Συμμετέχει σ' όλους τους τύπους παραγένεσης δημιουργώντας μικρούς ως επί το πλείστον κρυστάλλους ανεξάρτητους ή εγκλωβισμένους μέσα σε άλλα θειούχα ή τελλουρίδια. Συχνά μάλιστα ο σιδηροπυρίτης παίζει τον ρόλο πυρήνα (germe) όπου γύρω του αναπτύσσονται υστερογενώς τα τελευταία.

Αρσеноπυρίτης: σχηματίζει επιμήκεις μεμονωμένους κρυστάλλους ή δημιουργεί αμιγείς συγκεντρώσεις, που παρουσιάζουν ισχυρή εξαλλοίωση - διάβρωση. Κατά πάσα πιθανότητα μέρος του επελευθερωμένου As από την εξαλλοίωση, να απετέλεσε το διαθέσιμο στοιχείο για την δημιουργία των αρσενικούχων ορυκτών του δευτέρου σταδίου.

Γαληνίτης: η συμμετοχή του δεν είναι μεγάλη, αλλά σχηματίζει σχετικά μεγάλους κρυστάλλους σε συμπαγείς συγκεντρώσεις (εικ.1,2,3).

Φαίνεται να έχει μία στενή σχέση με τον αλταίτη ο οποίος σχεδόν σταθερά εντοπίζεται στην περιφέρεια των κρυστάλλων του γαληνίτη

Πολυμεταλλίτες: απαντώνται και στα δύο πρώτα στάδια μεταλλοφορίας. Γενικά

αντιπροσωπεύονται απ' όλα τα μέλη της σειράς τετραεδρίτη-τενναντίτη με κυμα νόμμενα ποσοστά As χωρίς όμως να καταλήγουν σε ακραίες τιμές αρσενικού που χαρακτηρίζουν τον ιδανικό τενναντίτη (πιν.1,εικ.1).

Πίν. 1: Μικροαναλύσεις πολυμεταλλιτών,Te/ούχων πολυμεταλλιτών, γκολντιφιέλ ντίτη

Table 1: Microprobe analyses of fahlores, Te/bearing fahlores, goldfieldite Fahlores, Te / fahlores, Goldfieldite

| Fahlores, $Cu_{12}Sb_4S_{13} - Cu_{12}As_4S_{13}$ | | | Te / fahlores, | | | Goldfieldite, $Cu_{12}(Sb,Te)_4S_{13}$ | | | |
|--|--------|--------|----------------|--------|-------|---|--------|--------|--------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| Te | 0.49 | 0.51 | - | 1.70 | 6.77 | 9.52 | 14.81 | 17.33 | 20.51 |
| Fe | 5.09 | 1.11 | 3.83 | 2.45 | 0.81 | 0.15 | 0.03 | 0.02 | 0.01 |
| Cu | 39.91 | 42.02 | 45.75 | 41.82 | 43.60 | 44.15 | 46.23 | 45.16 | 45.01 |
| Zn | 0.45 | 4.23 | 0.27 | 4.43 | 2.18 | 3.02 | 0.56 | - | - |
| Ag | 0.03 | 0.06 | - | 0.07 | 0.08 | - | 0.07 | 0.09 | - |
| Sn | 0.08 | 0.03 | 0.13 | - | - | 0.46 | - | 0.06 | - |
| Sb | 25.81 | 18.51 | 3.83 | 11.92 | 9.90 | 11.90 | 5.41 | 8.15 | 6.85 |
| S | 25.59 | 26.54 | 29.75 | 27.34 | 26.02 | 26.03 | 25.73 | 25.09 | 25.44 |
| Pb | 0.18 | 0.20 | 0.13 | 0.45 | 0.25 | 0.28 | 0.12 | 0.17 | 0.11 |
| Bi | 0.14 | 0.30 | 0.18 | 0.24 | 0.18 | 0.11 | 2.27 | 2.74 | 1.90 |
| As | 2.54 | 6.58 | 15.21 | 9.97 | 9.72 | 5.71 | 5.25 | 1.93 | 1.38 |
| | 100.31 | 100.09 | 99.08 | 100.39 | 99.51 | 101.33 | 100.48 | 100.74 | 101.21 |

1: $Cu_{10.23}Fe_{1.48}(Sb_{3.45}As_{0.55})Zn_{0.11}S_{13}$, 2: $Cu_{10.38}Fe_{0.31}(Sb_{2.39}As_{1.38})Zn_{1.1}S_{13}$, 3: $Cu_{10.09}Fe_{0.96}(Sb_{0.44}As_{2.8}Zn_{0.06}S_{13}$,

4: $Cu_{10.03}Fe_{0.67}(Sb_{1.49}As_{2.03}Zn_{1.03}Te_{0.20})S_{13}$, 5: $Cu_{10.99}Fe_{0.23}(Sb_{1.30}As_{2.08}Zn_{0.53}Te_{0.85})S_{13}$,

6: $Cu_{11.12}Fe_{1.19}(Sb_{1.57}As_{1.22}Zn_{0.74}Te_{1.19})S_{13}$, 7: $Cu_{11.78}(Sb_{0.72}Te_{1.88}Zn_{0.13}Bi_{0.17}As_{1.13})S_{13}$,

8: $Cu_{11.80}(Sb_{1.11}Te_{2.26}As_{0.43}Bi_{0.22})S_{13}$, 9: $Cu_{11.60}(Sb_{0.92}Te_{2.63}As_{0.30}Bi_{0.15})S_{13}$,

Γενικά οι πολυμεταλλίτες σχηματίζουν νησίδες στο στείρο χαλαζιακό υλικό ή περιβάλλουν σαν συγκολλητικό υλικό τον χαλαζία.

Σφαλερίτης: εμφανίζεται στα Πεύκα σε σχετικά περιορισμένες περιεκτικότητες και πάντα σε μικρές συγκεντρώσεις.

Βουρονίτης: παρουσιάζεται κυρίως στην επαφή γαληνίτη - τετραεδρίτη σαν μία ενδιάμεση ζώνη (εικ.3) ή σχηματίζει φλεβοειδή αναπτύγματα. Οι μικροαναλύσεις δείχνουν ότι περιέχει ένα σημαντικό ποσοστό As από 3,5 έως 5,7 (πίν. 2).

Χαλκοπυρίτης: συμμετέχει και στις δύο πρώτες παραγένεσεις χωρίς όμως η αναλογία του να είναι σταθερή.

Σταννίτης (+ Mn/ούχος): δημιουργεί άφθονα μικρά "εγκλεισματα" μέσα στους πολυμεταλλίτες (κυρίως), καθώς και σε άλλα θειούχα. Οι μικροαναλύσεις δείχνουν ένα σταθερό μικρό ποσοστό Mn (εικ.4, πιν.6).

Βουλανζερίτης: εντοπίστηκε μόνο μέσα στον γαληνίτη και χαλαζία υπό μορφή μικρών βελονοειδών εγκλεισμάτων.

2) "Χαλκούχος" παραγένεση.

Είναι η πιο ενδιαφέρουσα και πολυσύνθετη παραγένεση και αποτελεί το κύριο στάδιο της μεταλλοφορίας (δεύτερο στάδιο Cu- Fe- As- Pb- Te- Au- V- Hg- Ag- Sn). Κύριο χαρακτηριστικό της είναι η σχετικά υψηλή περιεκτικότητα σε στοιχεία όπως Te, Au, V, Hg, Ag. Ανάλυση τυχαίου δείγματος έδωσε 0,98% Te, 313ppm Au, 21ppm V, 42ppm Hg, 63ppm Ag. ¶

Εκτός από τα προαναφερθέντα της πρώτης παραγένεσης ορυκτά, όπως ο σιδηροπυρίτης, η Φησική Βιβλιοθήκη "Θεοφράστος" - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

Πίν. 2: Μικροαναλύσεις γαληνίτη, ουρνονίτη, ντιμονίτη, εμσεΐτη, αλκοστιμπίτη, αλκοπυρίτη,

Table 2: Microp. analyses of galena, bournonite, antimonite, semseyte, chalcostibite, chalcopyr

| Galena , PbS , 1 , | Bournonite , PbCuSbS3 2 , 3 , 4 , | | | Stibnite , Semseyite, Sb ₂ S ₃ , Pb ₉ Sb ₈ S ₂₁ , 5 , 6 , 7 , | | | Chalcostibite, CuSbS ₂ , 8 , | Chalcopyr, CuFeS ₂ , 9 , |
|--------------------------|---|---------|---------|--|----------|----------|---|---|
| Fe , 0.02 , | 0.04 , | 0.08 , | 0.00 , | 0.04 , | 0.06 , | - , | - , | 30.09 , |
| Cu , 0.03 , | 12.64 , | 13.89 , | 13.41 , | - , | - , | - , | 25.64 , | 33.69 , |
| Zn , - , | - , | 0.12 , | - , | - , | - , | - , | - , | 0.04 , |
| Ag , - , | - , | - , | 0.23 , | - , | - , | - , | - , | 0.01 , |
| Sn , - , | 0.24 , | 0.08 , | 0.11 , | - , | - , | - , | 0.37 , | 0.16 , |
| Sb , - , | 20.00 , | 15.60 , | 16.61 , | 70.64 , | 71.71 , | 28.00 , | 48.99 , | - , |
| Mn , - , | 0.01 , | 0.00 , | - , | - , | - , | - , | - , | - , |
| S , 13.65 , | 20.59 , | 20.79 , | 20.84 , | 28.33 , | 28.52 , | 20.15 , | 25.11 , | 35.00 , |
| Pb , 85.70 , | 41.60 , | 43.57 , | 42.24 , | 0.17 , | 0.01 , | 52.53 , | - , | 0.31 , |
| Bi , - , | - , | - , | - , | 0.77 , | 0.23 , | - , | - , | 0.21 , |
| As , - , | 3.48 , | 5.67 , | 4.79 , | 0.51 , | 0.54 , | 0.28 , | 0.53 , | 0.03 , |
| 99.40 , | 98.60 , | 99.80 , | 98.23 , | 100.46 , | 101.07 , | 100.96 , | 100.64 , | 99.54 , |

1: Pb_{0.99}S_{1.01} , 2: Pb_{0.99}(Sb_{0.82}As_{0.23})Cu_{0.99}S_{3.19} , 3: Pb_{0.97}(Sb_{0.59}As_{0.35})Cu_{1.01}S₃ ,
 4: Pb_{0.96}(Sb_{0.64}As_{0.30})Cu_{0.99}S_{3.05} , 5: Sb_{1.98}As_{0.02}S_{3.01} , 6: Sb_{1.99}As_{0.01}S₃ ,
 7: Pb_{8.47}(Sb_{7.68}As_{0.12})S₂₁ , 8: Cu_{1.02}(Sb_{1.01}As_{0.01})S_{1.98} , 9: Cu_{0.98}Fe_{0.99}S₂ ,

ρίτης, χαλκοπυρίτης, πολυμεταλλίτες που επίσης συμμετέχουν σ' αυτήν την παραγένεση, εμφανίζεται ένα πλήθος άλλων, στην πλειοψηφία τους σπάνιων ορυκτών, τα οποία περιγράφονται παρακάτω:

Τελλουριούχοι πολυμεταλλίτες και Γκολντφιελνίτης (Goldfieldite) Cu₁₂(Te, As, Sb)₄S₁₃: ως γνωστό στην σειρά των πολυμεταλλιτών υπάγονται και κάποια σπάνια μέλη με κυμαινόμενο υψηλό ποσοστό τελλουρίου στο πλέγμα τους που φθάνει μέχρι τα ποσοστά της ακραίας ποικιλίας που καλείται goldfieldite (>14% Te).

Στα Πεύκα μερικοί από τους Te/ούχους πολυμεταλλίτες είναι "πρωτογενείς", ενώ κάποιοι άλλοι αποτελούν το ενδιάμεσο στάδιο μετατροπής του γκολντφιελνίτη σε κοινή "δευτερογενή" τευναντίτη.

Οι εκ μετατροπής Te/ούχοι πολυμεταλλίτες περιέχουν αρκετές απομίξεις αυτοφούς Te και χαλκοπυρίτη (προϊόντα διάσπασης), αλλά σ' ένα ποσοστό μικρότερο από αυτό του δευτερογενούς τευναντίτη (που κατακλύζεται κυριολεκτικά από απομίξεις, εικ.14), καθ' ότι η μετατροπή του γκολντφιελνίτη σε Te/ουχο πολυμεταλλίτη θεωρείται ατελής :

γκολντφιελνίτης → Te/ούχος πολυμεταλ- → τευναντίτης + Te + χαλκοπυρίτης.

Ο γκολντφιελνίτης είναι ένα σπάνιο ορυκτολογικό είδος που βρέθηκε για πρώτη φορά στην περιοχή Goldfield, Nevada. Παρουσία του ορυκτού Goldfieldite αναφέρει και ο Ν. Μελιδώνης στην πολυμεταλλική μεταλλοφορία της Πανόρου Τήνου (Μελιδώνης 1980), αλλά από την μερική ανάλυση του ορυκτού που δημοσιεύεται (Te= 17,84% Sb=22,70%) δεν φαίνεται αυτό να ανταποκρίνεται στον γενικό τύπο του γκολντφιελνίτη. Μάλλον πρόκειται, στην περίπτωση της Τήνου, για κάποιο άλλο μεταλλικό ορυκτό του τελλουρίου, δεδομένου ότι ο γκολντφιελνίτης δεν μπορεί να περιέχει μεγάλες περιεκτικότητες Sb λόγω της αντικαταστάσεώς του

Πίν. 3: Μικροαναλύσεις εναργίτη, λουζονίτη, φαματινίτη

Table 3: Microprobe analyses of enargite, luzonite, famatinite

| Enargite (Cu ₃ AsS ₄), Luzonite (Cu ₃ AsS ₄), Luzon.-Famatinite, Famatinite (Cu ₃ SbS ₄), | | | | | | | | | | |
|--|---|-------|---|-------|---|--------|---|-------|---|--|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| Sb | 3.17 | 2.21 | - | 3.00 | 3.52 | 11.97 | 10.68 | 13.74 | 13.90 | |
| Fe | - | - | 0.18 | 0.23 | 0.21 | 0.15 | 0.15 | 0.25 | 0.14 | |
| Cu | 47.78 | 47.40 | 48.21 | 47.10 | 48.62 | 46.97 | 46.18 | 44.70 | 46.86 | |
| S | 32.85 | 32.67 | 34.20 | 32.51 | 33.36 | 31.26 | 31.45 | 31.53 | 31.88 | |
| Pb | 0.07 | 0.15 | 0.24 | 0.30 | 0.18 | 0.17 | 0.26 | - | 0.09 | |
| Bi | 0.03 | 0.01 | 0.12 | 0.14 | - | 0.18 | 0.18 | - | 0.02 | |
| As | 15.76 | 15.64 | 16.52 | 15.76 | 14.80 | 9.72 | 10.67 | 9.66 | 7.06 | |
| Mn | - | 0.01 | 0.02 | - | - | - | - | - | - | |
| Zn | - | 0.01 | 0.03 | 0.09 | - | - | - | - | - | |
| | 99.66 | 98.10 | 99.52 | 99.13 | 100.69 | 100.42 | 99.57 | 99.88 | 99.95 | |
| 1:Cu _{2.94} (As _{0.82} Sb _{0.10})S ₄ | 2:Cu _{2.93} (As _{0.82} Sb _{0.07})S ₄ | | 3:Cu _{2.85} As _{0.83} S ₄ | | 4:Cu _{2.92} (As _{0.83} Sb _{0.10})S ₄ | | 5:Cu _{2.94} (As _{0.76} Sb _{0.11})S ₄ | | 6:Cu _{3.03} (As _{0.53} Sb _{0.40})S ₄ | |
| 7:Cu _{2.96} (As _{0.58} Sb _{0.36})S ₄ | 8:Cu _{2.91} Fe _{0.02} (Sb _{0.47} As _{0.53})S _{4.08} | | 9:Cu _{2.98} Fe _{0.01} (Sb _{0.46} As _{0.38})S _{4.01} | | | | | | | |

από το Te. (Το Te δεν αντικαθιστά το S όπως αναφέρεται στην εργασία της Τήνου).

Στα Πεύκα ο γκολντφειελνίτης αποτελεί ένα από τα κύρια ορυκτά της μεταλλοφορίας. Η διάκρισή του από τους Te/ούχους πολυμεταλλίτες είναι δύσκολη, λόγω της πολύ μικρής διαφοράς που παρουσιάζουν στο χρώμα. Οποσδήποτε όμως η απουσία απομίξεων αυτοφυούς Te και χαλκοπυρίτη στον γκολντφειελνίτη καθώς και η άμεση σχέση του με ένα άλλο χαρακτηριστικό ορυκτό τον κολουζίτη (βλ. παρακάτω), αποτελούν ένα σοβαρό κριτήριο αναγνώρισης του. Ο γκολντφειελνίτης σε αντιστάθμισμα περιέχει ένα πλήθος από διάφορα άλλα εγκλείσματα, όπως κοινούς πολυμεταλλίτες, σταννίτη, σταννοϊδίτη, μασουσίτη, λουζονίτη, φαματινίτη, χαλκοστιμπίνη (εικ.5). Στον πίνακα 1 δίνονται οι μικροαναλύσεις του γκολντφειελνίτη και συγκρίνονται με αυτές των Te/ούχων και κοινών πολυμεταλλίων.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι πολυμεταλλίτες μαζί με τον εναργίτη και λουζονίτη (βλ. πιο κάτω) αποτελούν τους κύριους ξενιστές του χρυσού. Αυτό που δεν εξακριβώθηκε είναι αν οι πρωτογενείς πολυμεταλλίτες είναι οι φορείς-ξενιστές του χρυσού ή και οι προερχόμενοι από την μετατροπή του γκολντφειελνίτη.

Εναργίτης (Enargite) Cu₃AsS₄: από την ισόμορφη ορθορομβική σειρά εναργίτη-στιμιοεναργίτη απαντάται στα Πεύκα μόνο το πρώτο μέλος της, με μικρό όμως ποσοστό Sb σε αντικατάσταση του As. Αφθονότερος εμφανίζεται στα δείγματα που περιέχουν ταυτόχρονα λουζονίτη και πολυμεταλλίτες. Από τον ομόλογό του λουζονίτη της τετραγωνικής σειράς λουζονίτη-φαματινίτη, ξεχωρίζει μόνο από τα οπτικά χαρακτηριστικά, αφού η χημική του σύσταση είναι η ίδια (πιν.3). Ο εναργίτης απαντάται σε ελεύθερους σχετικά μεγάλους κρυστάλλους, συχνά ισχυρά εξαλλοιωμένους. Απαντάται όμως και σαν εγκλείσμα μέσα στον γκολντφειελνίτη και κολουσίτη. Ο ίδιος μπορεί να περιέχει στο κέντρο των κρυστάλλων του ακτινοειδή εγκλείσματα λουζονίτη-φαματινίτη (εικ.6), σταννίτη, αλλά και ιδιομόρφους κρυστάλλους τεναντίτη Αυτό που παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον είναι το γεγονός ότι ο εναργίτης αποτελεί έναν από τους ξενιστές του χρυσού.

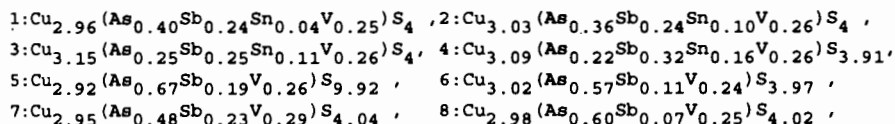
Λουζονίτης-Φαματινίτης (Luzonite Cu₃AsS₄-Famatinite Cu₃SbS₄):

η ισόμορφη τετραγωνική σειρά λουζονίτη-φαματινίτη εκπροσωπείται στα Πεύκα

Πίν. 4: Μικροαναλύσεις ορυκτών με V (+Sn): κολουζίτης, λαζαρεβισίτης
 Table 4: Microprobe analyses of V (+Sn)-bearing minerals: colousite, lazarevicite

| | * Colusite $Cu_3, (As, Sn, V) S_4$ | | | | Lazarevicite, $Cu_3 (As, V) S_4$ | | | |
|----|------------------------------------|-------|-------|--------|----------------------------------|-------|--------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Fe | 0.14 | 0.16 | 0.16 | 0.18 | - | 0.27 | 0.08 | 0.65 |
| Cu | 47.27 | 47.17 | 48.15 | 48.14 | 46.05 | 48.85 | 47.30 | 48.66 |
| Zn | 0.02 | 0.07 | - | - | - | - | 0.02 | 0.02 |
| V | 3.28 | 3.27 | 3.19 | 3.19 | 3.32 | 3.09 | 3.72 | 3.30 |
| Sn | 1.35 | 3.15 | 3.19 | 4.64 | - | - | 0.73 | 0.26 |
| Sb | 7.48 | 7.27 | 7.35 | 9.39 | 5.66 | 3.47 | 7.11 | 2.13 |
| S | 32.27 | 31.39 | 30.84 | 30.66 | 32.54 | 32.36 | 32.63 | 33.19 |
| Pb | 0.23 | 0.19 | 0.30 | 0.28 | - | - | 0.24 | 0.17 |
| Bi | 0.27 | 0.46 | 0.46 | 0.49 | - | - | 0.06 | 0.15 |
| As | 7.59 | 6.59 | 4.55 | 3.98 | 12.38 | 10.82 | 9.11 | 11.44 |
| | 99.90 | 99.72 | 98.19 | 100.95 | 99.95 | 98.86 | 101.00 | 99.97 |

* Οι τιμές του Sb είναι υψηλές, ίσως λόγω της σταθερής γειτονίας με τον γκολντφιελνίτη.



κυρίως από τα μεσαία μέλη της με τις ενδιάμεσες συστάσεις και σπανιότερα από τα ακραία μέλη της (πιν.3). Τα ορυκτά αυτά σχηματίζουν ανεξάρτητους κρυστάλλους όπως ακριβώς ο εναργίτης. Βρίσκονται όμως και σαν εγκλείσματα ακτινοειδούς συνήθως σχήματος, μέσα στον εναργίτη και γκολντφιελνίτη. Πάντως φαίνεται ότι συχνότερα ο φαματινίτης εγκλείεται μέσα στον γκολντφιελνίτη, ενώ ο λουζονίτης δείχνει προτίμηση στον εναργίτη (εικ.6). Διακρίνεται μάλιστα αντικατάσταση λουζονίτη από εναργίτη. Ακόμη παρατηρείται ότι, ο μεν φαματινίτης δείχνει σχέση αλληλοεξάρτησης με τον λαζαρεβισίτη καθώς περιβάλλεται σχεδόν σταθερά από τον τελευταίο (εικ.7), ο δε λουζονίτης όπως ακριβώς και ο εναργίτης συνδέεται περισσότερο με τον κολουζίτη ο οποίος και τον περιβάλλει. Ο λουζονίτης όπως και ο εναργίτης, αποτελεί επίσης τον ξενιστή του χρυσού στην περιοχή.

Κολουζίτης (Colusite) $Cu_3 (Sn, V, As, Fe) S_4$: αποτελεί κύριο μεταλλικό ορυκτό της μεταλλοφορίας και μάλιστα σε ορισμένα δείγματα η αναλογία του συναγωνίζεται αυτήν του γκολντφιελνίτη. Τέτοιες αναλογίες κολουζίτη θεωρούνται διεθνώς σαν σπάνιες περιπτώσεις. Το ενδιαφέρον γι' αυτό το ορυκτό επικεντρώνεται κυρίως στην περιεκτικότητα του βαναδίου που περιέχει. Απ' όσον γνωρίζουμε ο κολουζίτης των Πεύκων αποτελεί την πρώτη παρουσία του ορυκτού στην Ελλάδα.

Σχηματίζει άλλοτε μεμονωμένους σφαιροειδείς κρυστάλλους και άλλοτε τίθεται σαν στεφάνη γύρω από τον γκολντφιελνίτη. Περιβάλλει ακόμη και γκολντφιελνίτες οι οποίοι είναι μερικός ή ολικώς εξαλλοιωμένοι, πράγμα που σημαίνει αφ' ενός ότι τα βαναδιούχα διαλύματα είναι μεταγενέστερα, αφ' ετέρου ότι ενδεχόμενα επέδρασαν διαβρωτικά επί του προηγούμενου σταδίου μεταλλοφορίας.

Οι ιδιόμορφοι κρυσταλλοί του παρουσιάζουν συχνά ζωνώδη ανάπτυξη, με αλλε-

πάλλες ζώνες διαφορετικής σύστασης, που αποχωρίζονται σαν φλοιοί. Σε αρκετές περιπτώσεις το κέντρο των κρυστάλλων του είναι διαβρωμένο, ενώ πολύ συχνά παρουσιάζει εξαλλοίωση σε κοβελίνη. Περιέχει άφθονα εγκλείσματα σιδηροπυρίτη και κυρίως φαματινίτη με τον οποίο και συχνά συμψύεται. Οι μικροαναλύσεις έδειξαν ότι περιέχει ένα σχετικά υψηλό ποσοστό V και Sn της τάξης του 3% (πίν. 4, εικ.10,11,12,13).

Αυτοφύες Te : είναι σε σημαντική περιεκτικότητα, μοναδική περίπτωση στον ελλαδικό χώρο και ίσως τα Πεύκα αποτελούν μία από τις σημαντικότερες διεθνώς εμφανίσεις. Το αυτοφύες Te εμφανίζεται σε κόκκους διαφόρων μεγεθών, συνήθως μαζί με τους πολυμεταλλίτες Σχηματίζει μέσα στους τελευταίους εγκλείσματα χωρίς σχήμα και μικρές πυκνές απομίξεις σε σταγονοειδή ή βελονοειδή μορφή. Οι απομίξεις αυτές βρίσκονται συνήθως στην περιφέρεια του πολυμεταλλίτη ή τίθενται κατά μήκος των παλαιών σχισμών του. Πολύ συχνά μάλιστα οι απομίξεις αυτές συνοδεύονται από αντίστοιχες πολυπληθείς απομίξεις χαλκοπυρίτη στο ίδιο κόκκο πολυμεταλλίτη. Όπως αναφέρθηκε, οι μορφές αυτές του αυτοφυσού Te αποτελούν προϊόντα διάσπασης των Te/ούχων πολυμεταλλιτών και του γκολντφιελντίτη:

Te/πολυμεταλ. → πολυμεταλ. + χαλκοπυρίτης + Te.

Παρατηρήθηκαν όμως και περιπτώσεις όπου το αυτοφύες Te δημιουργεί ανεξάρτητους κρυστάλλους και μάλιστα ιδιόμορφους, ίσως από απ' ευθείας κρυστάλλωση των τελλουριούχων διαλυμάτων (εικ.14,15,16).

Η μικροανάλυση του αυτοφυσού Te έδειξε περιεκτικότητα 100% σε Te, χωρίς άλλες προσμίξεις.

Τα ορυκτά που περιγράφονται στη συνέχεια, απαντώνται σε σαφώς μικρότερες περιεκτικότητες και κατατάσσονται στην κατηγορία των δευτερευόντων και επουσιδών συστατικών της μεταλλοφορίας. Το ενδιαφέρον όμως που παρουσιάζουν είναι μεγάλο, αφ' ενός λόγω της σπανιότητάς τους και αφ' ετέρου των πολυτίμων στοιχείων που μερικά από αυτά περιέχουν.

Αλταϊτης (Altaite) PbTe: παρουσιάζεται σε μικρή αναλογία, αλλά συχνά σε μεγάλα άτομα που βρίσκονται ως επί το πλείστον στα περιθώρια του γαληνίτη. Το λευκό καθαρό χρώμα του και η πολύ ισχυρή ανακλαστική ικανότητά του (όπως τα αυτοφυή μέταλλα) το διαφοροποιούν σαφώς από τον γαληνίτη που βρίσκεται σε άμεση επαφή (εικ.2-3, πίν.5)

Κολοραντοίτης (Coloradoite) HgTe: ως επί το πλείστον απαντάται σε άμεση επαφή με το άλλο τελλουρίδιο, τον εσσίτη. Βρίσκεται σε μικρή αναλογία σε αλλοτριόμορφους κρυστάλλους ή σε μικρές ακανόνιστες συγκεντρώσεις κυρίως μέσα στον γκολντφιελντίτη - πολυμεταλλίτες. Επίσης δημιουργεί φλεβοειδή αναπτύγματα που διασχίζουν τα θειούχα, γεγονός που επιβεβαιώνει ακόμη μία φορά την υστερογενή προέλευση των τελλουριούχων διαλυμάτων (εικ.9, πίν.5).

Πρόκειται για μια σπάνια ένωση που απ' ότι γνωρίζουμε, ίσως είναι η πρώτη φορά που η παρουσία της αναφέρεται στον Ελλαδικό χώρο.

Εσσίτης (Hessite) Ag₂Te : απαντάται σε πολύ μικρή αναλογία και σε μικρούς κρυστάλλους. Συχνά είναι μαζί με τον κολοραντοίτη ή το αυτοφύες Te σαν μικτό έγκλεισμα μέσα στον τευναντίτη και στον γκολντφιελντίτη (εικ.8, πίν.5).

Μαουσονίτης (Mawsonite) Cu₆Fe₂SnS₈: η σπάνια αυτή θειούχος ένωση του Cu και Sn παρουσιάζεται αποκλειστικά υπό μορφή εγκλεισμάτων μέσα στον γκολντφιελντίτη, εναργίτη, λουζονίτη, όπου και συχνά δημιουργεί μεγάλα για το είδος του άτομα. Ως επί το πλείστον συμπλέκεται με τον σταννοϊδίτη, δημιουργώντας μικτούς κρυστάλλους, σε αστεροειδή σχήματα. (εικ.5, πίν.6).

Σταννοϊδίτης (Stannoidite) Cu₅(Fe, Zn)₂SnS₈: εκτός από τους μικτούς με τον μαουσονίτη κρυστάλλους, παρουσιάζεται και σε αμιγείς κρυστάλλους, πάντα όμως εγκλωβισμένους μέσα στον γκολντφιελντίτη (πίν.6).

Λαζαρεβισίτης (Lazarevicite ή Arsenosulvanite) Cu₃(As, V)₄S₄: είναι ένα σπάνιο είδος μεταλλικού ορυκτού που αναφέρεται για δεύτερη φορά στον Ελλαδικό

Πίv. 5: Μικροαναλύσεις ορυκτών με Te: αλταΐτης, κολοραντοΐτης, εσσίτης
Table 5: Microprobe analyses of Te-bearing minerals: altaite, coloradoite, hessite

| | Altaite, (PbTe), | | | Coloradoite (HgTe) | | | Hessite (Ag ₂ Te) | |
|----|------------------|--------|--------|--------------------|-------|-------|------------------------------|--|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | |
| Te | 37.46 | 37.66 | 37.38 | 39.79 | 39.68 | 42.90 | 39.00 | |
| Sb | 0.31 | 0.19 | 0.21 | - | 0.18 | 0.24 | - | |
| Ag | 0.04 | 0.05 | 0.69 | 0.08 | - | 55.10 | 60.11 | |
| Fe | 0.05 | 0.11 | 0.06 | 0.08 | 0.02 | - | - | |
| Cu | 0.35 | 0.18 | 0.29 | 1.29 | 0.06 | 0.68 | 0.23 | |
| S | 0.05 | 0.07 | 0.09 | 0.08 | 0.07 | 0.07 | - | |
| Pb | 62.37 | 63.16 | 62.45 | - | - | - | - | |
| Hg | - | - | - | 57.76 | 59.73 | 0.83 | 0.35 | |
| As | - | - | - | 0.02 | 0.01 | - | - | |
| | 100.63 | 101.42 | 101.17 | 99.10 | 99.75 | 99.82 | 99.69 | |

1: Pb_{1.01}Te_{0.98}Cu_{0.01}, 2: Pb_{1.02}Te_{0.98}, 3: Pb_{1.01}Te_{0.98}Cu_{0.01}, 4: Te_{1.03}Hg_{0.96}Cu_{0.06},
 5: Te_{1.02}Hg_{0.98}, 6: Ag_{1.80}Te_{1.19}Cu_{0.03}Hg_{0.01}, 7: Ag_{1.93}Te_{1.06}Cu_{1.01}

Πίv. 6: Μικροαναλύσεις ορυκτών με Sn: σταννΐτης, σταννοειδής, μανσονΐτης
Table 6: Microprobe analyses of Sn-bearing minerals: stannite, stannoidite, mawsonite

| | Stannite Cu ₂ FeSnS ₄ | | | Stannoidite Cu ₈ Fe ₂ (Fe, Zn)Sn ₂ S ₁₂ | | Mawsonite Cu ₇ Fe ₂ SnS ₁₀ | |
|----|---|-------|-------|---|-------|---|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Sb | 0.30 | 0.25 | - | - | - | - | - |
| Ag | 0.14 | 0.04 | 0.14 | - | - | - | - |
| Fe | 0.36 | 1.42 | 0.39 | 9.60 | 8.66 | 13.14 | 12.83 |
| Cu | 37.78 | 39.46 | 38.98 | 38.91 | 39.11 | 43.57 | 44.01 |
| S | 28.51 | 29.03 | 29.76 | 29.28 | 29.03 | 30.02 | 30.02 |
| Pb | 0.18 | 0.19 | 0.09 | - | - | - | - |
| As | 0.19 | 0.11 | 0.08 | - | - | - | - |
| Bi | 0.06 | 0.07 | 0.09 | - | - | - | - |
| Zn | 1.46 | - | - | 3.89 | 4.02 | 0.02 | - |
| V | 0.43 | 0.43 | - | - | - | - | - |
| Sn | 28.82 | 27.55 | 29.17 | 18.32 | 18.27 | 13.78 | 13.57 |
| Mn | 0.50 | 0.89 | 0.54 | - | - | - | - |
| | 98.73 | 99.44 | 99.24 | 100.00 | 99.09 | 100.53 | 100.43 |

1: Cu_{2.67}Fe_{0.03}Sn_{1.09}Mn_{0.04}S₄ 2: Cu_{2.74}Fe_{0.11}Sn_{1.02}Mn_{0.07}S₄ 3: Cu_{2.64}Fe_{0.03}Sn_{1.05}Mn_{0.04}S₄
 4: Cu_{8.04}Fe_{2.26}Zn_{0.78}Sn_{2.02}S₁₂ 5: Cu_{8.15}Fe_{2.05}Zn_{0.81}Sn_{2.04}S₁₂
 6: Cu_{6.95}Fe_{2.38}Sn_{1.17}S_{9.49} 7: Cu_{7.02}Fe_{2.32}Sn_{1.16}S_{9.49}

χώρο, μετά από την πρώτη ανακαλυψή του στην θειούχο μεταλλοφορία των Μολάων (Δήμου, Κων/νίδου 1988). Είναι το δεύτερο ορυκτό μετά τον κολουζΐτη που

περιέχει βανάδιο. Ο λαζαρεβισίτης δημιουργεί ως επί το πλείστον λεπτή στεφάνη γύρω από τους κρυστάλλους του κολουζίτη και φαματινίτη. Όμως βρέθηκε και σαν έγκλεισμα μέσα στον φαματινίτη και εναργίτη (εικ.7, πιν. 4).

Αυτοφυής χρυσός: η περιεκτικότητά του στην περιοχή των Πεύκων θεωρείται αρκετά υψηλή. Αναλύσεις δειγμάτων από θειούχες συγκεντρώσεις έδωσαν έως και 300 p.p.m σε Au. Υψηλές τιμές χρυσού έδωσε στην δημοσιότητα και η εταιρία GREENWICH RESOURCES που κατέχει σήμερα τα δικαιώματα εκμετάλλευσης της περιοχής (απο 23 έως 1.470ppm).

Απαντάται κυρίως στις χαλαζιακές φλέβες όπου σχηματίζει μικρούς κόκκους εγκλωβισμένους μέσα στους πολυμεταλλίτες και εναργίτες - λουζονίτες, καθώς επίσης και ελεύθερους κόκκους μέσα στο στείρο χαλαζιακό υλικό και στα προϊόντα οξειδωσης των θειούχων. Ακόμη, σπανιότερα, ο χρυσός σχηματίζει τριχοειδή φλεβίδια τα οποία διασχίζουν τα προαναφερθέντα θειούχα. Διαφαίνεται λοιπόν ότι ο χρυσός σχετίζεται επίσης και με τα τελευταία διαλύματα της μεταλλοφορίας (εικ. 17,18,19,20).

Το σχήμα των κόκκων του χρυσού είναι ως επί το πλείστον απετρογγυλωμένο και το μέγεθός του αρχίζει από μερικά μm έως 0.5 χιλ. (μακροσκοπικά ορατός). Η μικροανάλυση έδειξε μικρές περιεκτικότητες Ag (Au=96.09-96.37% Ag=1.14-1.90% Cu=1.90-1.70%).

Χαλκοστιμπίτης (Chalcostibite) CuSbS₂: απαντάται σε πολύ μικρή αναλογία. Σχηματίζει μικρούς χωρίς σχήμα κρυστάλλους μεταξύ των πολυμεταλλιτών, αλλά κυρίως υπό μορφή μικροφλεβιδίων διασχίζει τον κολουζίτη και γκολντιφιελντίτη. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό και με την παρουσία αντιμονίτη (3ο στάδιο) δείχνει μία υστερογενή άφιξη διαλυμάτων πλουσιών σε Sb (πιν.2). Παρουσία χαλκοστιμπίτη έχει επισημανθεί και αλλού στον Ελλαδικό χώρο όπως στα Φιλαδέλφεια Μακεδονίας (Δήμου κ.ά 1985).

Αϊκινίτης (Aikinite) PbCuBiS₃ - Χαμμαρίτης (Hammarite Pb₂Cu₂Bi₄S₉): απαντώνται σε μικρά εγκλείσματα μέσα στους πολυμεταλλίτες.

Γερμανίτης με Sn; (Germanite stannifere); Cu₃(GeFeSn)₄: σπάνια παρουσία και μόνο υπό μορφή μικρών εγκλεισμάτων μέσα στους γκολντιφιελντίτες και κολουζίτες.

Βορονίτης (Bornite): μόνο σπάνιες υπολειμματικές μορφές παρατηρήθηκαν μέσα στον κοβελλίτη.

Τελλουροβισμούθινίτης (Tellurobismutite) Bi₂Te₃: παρατηρήθηκε σε σπάνιες μόνο περιπτώσεις και αποκλειστικά σε επαφή με το αυτοφυές Te.

Τα διαφανή-σύνδρομα ορυκτά αυτής της παραγένεσης είναι χαλαζίας, βαρύτης, ανθρακικά, αδουλάριος, αλουνίτης.

3) "Αντιμονιούχος" παραγένεση.

Είναι η πιο απλή παραγένεση, η οποία προέκυψε από τα τελευταία αντιμονιούχα διαλύματα, πτωχά σε άλλα μέταλλα (3ο στάδιο Sb-Fe-Pb).

Εκτός από τους σιδηροπυρίτη-μαρκασίτη που απαντώνται σταθερά σ' όλες τις παραγένεσεις, ο αντιμονίτης είναι το χαρακτηριστικό θειούχο αυτής της παραγένεσης.

Αντιμονίτης (Stibine) Sb₂S₃: ως επί το πλείστον είναι απομακρυσμένος από την κύρια μεταλλοφορία, σχηματίζοντας είτε διάσπαρτους ιδιόμορφους μικρούς κρυστάλλους είτε συσσωματώματα (πιν.2).

Σεμσεϊτης (Semseyite) Pb₉Sb₈S₁₂: δημιουργήθηκε κατά πάση πιθανότητα από την επίδραση των αντιμονιούχων διαλυμάτων πάνω στην μεταλλοφορία του πρώτου σταδίου. Εντοπίστηκε στα περιθώρια των κρυστάλλων του γαληνίτη. Η συμμετοχή του είναι πολύ μικρή και περνά απαρατήρητος λόγω του ιδίου σχεδόν χρώματος με τον γαληνίτη (πιν.2).

Ο χαλαζίας (κυρίως) και ο βαρύτης είναι τα κύρια διαφανή ορυκτά αυτής της παραγένεσης.

Γενικά, υπεργενετικές διεργασίες, έχουν κατά θέσεις, εξαλλοιώσει ισχυρά την μεταλλοφορία των Πεύκων, με αποτέλεσμα την έντονη παρουσία δευτερογενών ορυκτών του χαλκού, όπως κοβελλίνη, χαλκοσύνη, αζουρίτη, μαλαχίτη. Τα Πεύκα είναι ίσως από τις λίγες θέσεις όπου ο αζουρίτης υπερτερεί του μαλαχίτη, γεγονός που ενυψύει την διατυπωθείσα από ερευνητές άποψη ότι αυτό συμβαίνει σε πολυμεταλλικές μεταλλοφορίες πλούσιες σε τελλουρίδια (!)

Εδώ θα πρέπει να προστεθεί ότι ο χρυσός, εκτός από την παρουσία του μέσα στις μεταλλοφόρες συγκεντρώσεις και ιδιαίτερα στην χαλκούχο παραγένεση, βρίσκεται διάσπαρτος και σ' όλη την ζώνη υδροθερμικής εξαλλοίωσης.

III. ΜΕΤΑΛΛΟΓΕΝΕΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η γένεση της μεταλλοφορίας της περιοχής των Πεύκων υπήρξε αντικείμενο μελέτης αρκετών ερευνητών κατά το παρελθόν. Πρώτος ο Αναστόπουλος (1961) παρατήρησε την μεγάλη ανομοιογένεια της μεταλλοφορίας "αφ' ενός εις τας διαφόρους εμφανίσεις και αφ' ετέρου εις τα διάφορα βάθη εις μίαν και την αυτήν εμφάνισιν". Δέχεται δε ότι η μεταλλοφορία των Πεύκων πρέπει να ανήκει "στην κατηγορία των υποθερμικών μεταλλευμάτων με ενδείξεις τηλεσκοπικής συμπτώξεως συνεπεία του ότι εις την αυτήν περιοχήν χώρου αποθεμάτων όπου προγενεστέρως εσηματίσθησαν ορυκτά υψηλοτέρας θερμοκρασίας, αποτίθενται μεταγενεστέρως ορυκτά σχηματιζόμενα εις χαμηλάς θερμοκρασίας". Ο Burnol (1961) την ίδια εποχή ομιλεί για έναν εντελώς ιδιαίτερο τύπο υδροθερμικής μεταλλοφορίας που συνδέεται με υποηφαιστειακά πετρώματα. Οι Κατιριτζόγλου κ.α. (1985) και οι Michael et al. (1989) περιγράφουν την μεταλλοφορία των Πεύκων ως επιγενετική πολυμεταλλική μεταλλοφορία. Η μεταλλοφορία των Πεύκων καθορίσθηκε ως επιθερμικού τύπου για πρώτη φορά το 1988 με την ανακάλυψη του επιθερμικού συστήματος περιοχής Κώνου (Μιχαήλ Κ. 1988, 1993).

Με βάση το γεωλογικό περιβάλλον (φιλοξενούνται πετρώματα ρυοδακίτες), τον τύπο των υδροθερμικών εξαλλοιώσεων (προχωρημένη αργιλλική) και την παρουσία τυπόμορφων ορυκτών του Cu, Te, Au (εναργίτη, λουζονίτη, γκολντφιελνίτη κ.α), η μεταλλοφορία των Πεύκων κατατάσσεται για πρώτη φορά σ' αυτήν την εργασία στα επιθερμικά κοιτάσματα όξινου-θεικού τύπου (acid-sulphate type).

Με βάση τις υπαίθριες και μικροσκοπικές παρατηρήσεις η εναπόθεση της μεταλλοφορίας έγινε σε περιβάλλον με έντονες κατά περιόδους τεκτονικές κινήσεις.

Οι ιστολογικές σχέσεις μεταξύ των μεταλλικών ορυκτών καθώς και η σειρά διαδοχής τους -όπως φαίνεται στο μικροσκόπιο - οδηγεί στο συμπέρασμα ότι αυτά δημιουργήθηκαν σε τρία τουλάχιστον διαδοχικά στάδια που αντιπροσωπεύουν μεταλλοφόρα θερμοδιαλύματα διαφορετικής ενίοτε σύστασης.

1ο στάδιο (Fe-Pb-As-Sb-Cu-Sn)

Διαλύματα πλούσια σε βασικά μέταλλα έδωσαν την παραγένεση: σιδηροπυρίτη, αρσеноπυρίτη, γαληνίτη, τετραεδρίτη-τενναντίτη, σφαλερίτη, σταννίτη, χαλκοπυρίτη. Την απόθεση ακολούθησε τεκτονική καταπόνηση με αποτέλεσμα τον κατακερματισμό των προαναφερθέντων μεταλλικών, ενώ παράλληλα τα νέα διαλύματα που κυκλοφόρησαν εξαλλοίωσαν αρκετά από αυτά (π.χ. απελευθέρωση As από τον αρσеноπυρίτη και ενσωμάτωσή του σε ορυκτά του 2ου σταδίου).

2ο στάδιο (Cu-Fe-Te-Ag-Au-V-Sn-Hg)

Χαλκούχα διαλύματα πλούσια σε σπάνια στοιχεία (Te, V, Au, Ag, Sn) επέδρασαν επί της προηγούμενης μεταλλοφορίας αντιδρώντας και διαλύοντας αρκετά από τα προϋπάρχοντα ορυκτά. Αντιπροσωπεύει την κατ' εξοχήν πολυμεταλλική μεταλλοφορία (με μεγαλύτερη ποικιλία μεταλλικών) και προφανώς το κύριο στάδιο απόθεσης. Η παραγένεση περιλαμβάνει Te/ούχους πολυμεταλλίτες, γκολ-

ντιφελντίτη, εναργίτη, λουζονίτη, φαματινίτη, μασουονίτη, λαζαρεβισίτη, κο-λουζίτη, χρυσό, αλταίτη, εσσίτη, σταννοϊδίτη. Αλλά και μέσα σ' αυτό το στάδιο φαίνεται να υπάρχει σταδιακή εξέλιξη της μεταλλοφορίας. Χαρακτηριστικές είναι οι εικόνες όπου ο κολουζίτης και ο λαζαρεβισίτης -ορυκτά του βαναδίου- περιβάλλουν όχι μόνο υγιή αλλά και εξαλλοιωμένο γκολντιφελντίτη, αποδεικνύοντας μία αργοπορημένη άφιξη του βαναδίου. Αλλά και η μετατροπή των γκολντιφελντίτη και Te/ούχων πολυμεταλλικών σε κοινούς δευτερογενείς πολυμεταλλίτες με ταυτόχρονη αποβολή αυτοφυσούς τελλουρίου και χαλκοπυρίτη, φαίνεται ότι προκύπτει από μία κάποια αργοπορημένη φάση του δεύτερου αυτού σταδίου.

Το στάδιο αυτό χαρακτηρίζεται ακόμη από ηυξημένη αναλογία θείου (απαραίτητη προϋπόθεση για την δημιουργία των αρσενιούχων θειοαλάτων (αντί του αρσενοπυρίτη), που μπορεί είτε να εμπεριείχεται αποκλειστικά στα διαλύματα αυτού του σταδίου, είτε ένα μέρος του να αποσπάσθηκε κατά την μερική διάλυση θειούχων του πρώτου σταδίου.

3ο στάδιο (Sb-Fe-Pb) Τα αντιμονιούχα διαλύματα του σταδίου αυτού φαίνεται να μην έχουν άμεση σχέση με τα προηγούμενα. Αυτό συνάγεται από τα γεγονότα ότι ο αντιμονίτης, σχεδόν αποκλειστικό μεταλλικό ορυκτό της παρούσας παραγένεσης (αντιμονίτης - σιδηροπυρίτης-σεμσείτης), απαντάται σε ανεξάρτητους κρυστάλλους χωρίς καμία ιστολογική σχέση με τις προηγούμενες παραγένεσεις. Πρέπει να σημειωθεί επίσης ότι αντιμονίτης εντοπίστηκε μόνο σε μία απομακρυσμένη από τις σημαντικότερες εμφανίσεις θέση και συγκεκριμένα σε δείγματα από κάποια αβαθή ερευνητική γεώτρηση που πραγματοποίησε το ΙΓΜΕ το 1984.

Από 4 ισοτοπικές αναλύσεις οξυγόνου δ^{18} (smow) = +16,16 σε χαλαζία των "silica caps" συνάγεται ότι τα αρχικά διαλύματα είναι μαγματικής προέλευσης και αντιστοιχούν σε θερμοκρασίες 350^o - 400^oC (Michael C. et al 1989). Με βάση το γεγονός αυτό μπορούμε να δεχθούμε ότι το επιθερμικό σύστημα στη περιοχή έχει ως θερμική πηγή μαγματικά πετρώματα (πιθανόν τα υποφαιστειακά πετρώματα της περιοχής). Τα μαγματικά διαλύματα ανερχόμενα προς την επιφάνεια αντιδρούν με τα περιβάλλοντα πετρώματα, τα οποία εξαλλοιώνουν, ταυτόχρονα όμως διαφοροποιούνται (ανάμιξη με μετεωρικά ή άλλης προέλευσης νερά) και εμπλουτίζονται σε μέταλλα.

Με βάση επίσης 2 ισοτοπικές αναλύσεις οξυγόνου δ^{18} (smow) = +9.24 σε χαλαζία του πρώτου σταδίου η θερμοκρασία εναπόθεσης των μεταλλικών ορυκτών καθορίζεται στους 280^oC. Πιστεύεται επίσης ότι και το δεύτερο στάδιο της μεταλλοφορίας εναποτίθεται στα ίδια περίπου επίπεδα (μετατροπή του λουζονίτη σε εναργίτη, T=320^o - 275^oC). Το τρίτο στάδιο πιθανόν να εναποτίθεται σε χαμηλότερες θερμοκρασίες.

Η επιθερμική μεταλλοφορία των Πεύκων, συγκρινόμενη με άλλα γνωστά κοιτάσματα διεθνώς, παρουσιάζει καταπληκτική ομοιότητα ως προς την ορυκτολογική της σύσταση και το γεωλογικό περιβάλλον με το επιθερμικό κοιτάσμα EL Indio στη Χιλή (Raymond R. et al 1990).

Αρκετές ομοιότητες παρουσιάζει επίσης συγκρινόμενη με τα επιθερμικά κοιτάσματα Goldfield στη Νεβάδα και Summitville στο Κολοράντο (Daniel D. et al 1985). Σε σύγκριση με το κοιτάσμα του Κάνου (περιοχή Σαπών) η μεταλλοφορία των Πεύκων παρουσιάζει πιο πλούσιες ορυκτολογικές παραγενέσεις, ο δε Cu & Au είναι ιδιαίτερης σημασίας.

Συμπερασματικά θα πρέπει να σημειωθεί ότι η μεταλλοφορία των Πεύκων έχει σημαντική προοπτική για Au και Cu ('Οξίνου-θειϊκού τύπου επιθερμικές μεταλλοφορίες). Θα πρέπει επίσης να αναφέρονται μεταλλοφόρα σώματα πλούσια σε Au λαμβανομένου υπ' όψη της κατακόρυφη ζώνωση η οποία παρατηρείται συνήθως σε τέτοιου είδους κοιτάσματα. Λόγω όμως αντικειμενικών δυσκολιών (μη ύπαρξη γεωτρήσεων, κ.α.) δεν ήταν δυνατή η διερεύνηση της κατακόρυφου εξέλιξης της μεταλλοφορίας στη περιοχή των Πεύκων.

EIKONEΣ - FIGURES

1. Γαληνίτης διασχιζόμενος από τετραεδρίτη.

Galena traversed by tetrahedrite. Refl. light, nicols //, X 200

2. Αλταΐτης (λευκό) στα περιθώρια γαληνίτη.

Altaite (white) at the marginal part of galena. Refl. light, nicols //, X 200.

3. Αλταΐτης (λευκό) στην επαφή γαληνίτη-βουρνονίτη. Διακρίνονται υπόλοιπα τετραεδρίτη μέσα στον βουρνονίτη.

Altaite (white) at the contact of galena-bournonite. A few remnants of tetrahedrite are distinguished into bournonite. Refl. ligh, nicols //, X 200.

4. Εγκλείσματα σταννίτη μέσα σε τεννανίτη.

Inclusions of stannite into tennantite. Refl. light, nicols //, X 600 oil im.

5. Μικρά εγκλείσματα μαουσονίτη και σταννοϊδίτη σε γκολντιφιελνίτη.

Small inclusions of mawsonite and stannoidite into goldfieldite. Refl. light, nicols //, X 600 oil im.

6. Εναργίτης ο οποίος περιέχει στο κέντρο του λουζονίτη. Enargite, containing luzonite in its internal part. Refl. light, nic. //, 600

7. Λαζαρεβισίτης (λευκό), που περιβάλλει σαν στεφάνη κρυστάλλους φαματινίτη.

Lazarevicite (white), surrounding as a ring famati-

nite crystals. Refl, light, nicols //, 600 oil im. ¶ ¶

8. Εσσίτης (μικρός γκριζόλευκος κρύσταλλος στο κέντρο), μεταξύ δύο επιμήκων κρυστάλλων αυτοφουσών Τελλουρίου (λευκό φωτεινό).

Hessite (small grey-white crystal in the center), between oblong crystals of native Te. Refl light, nicols //, X 600 oil im.

9. Κολορανοΐτης (γκριζόλευκο) διασχίζουν τεννανίτη.

Coloradoite (grey-white) crossing tennantite. Refl. light, nic. //, X 600 oil im.

10. Κολουζίτης σε ελεύθερους κρυστάλλους με ζωνώδη ανάπτυξη.

Free colousite crystals with zoning development. Refl. light, nic. // X 200

11. Κολουζίτης, υπο μορφή στεφάνης, περιβάλλει γκολντιφιελνίτη πλήρως εξαλειωμένον.

Colousite, in the form of ring, surrounding goldfieldite totally altered. Refl. light, nicols //, X 200

12. Υπολειμματικός καλουζίτης υπο μορφή στεφάνης (διατηρήθηκε μόνο ο τελευταίος φλοιός).

Remainder of colousite in the form of ring (preservation only of the last crust). Refl. light, nic. //, X 200.

13. Το χαρακτηριστικό σφαιροειδές σχήμα του κολουζίτη.

The characteristic cyclic shape of colousite. Refl. light, nicols //, X 200

14. Μετάβαση Te/ούχου πολυμεταλλίτη (λευκόγκριζο αριστερά) σε κοινό πολυμεταλλίτη (γκρίζο) με ταυτόχρονη αποβολή αυτοφουσών τελλουρίου (λευκά στίγματα).

Transformation of Te-bearing tennantite (grey - white in the left) into common tennantite (grey), with simultaneous expulsion of native Te (white spots). Refl. light, nic. // X 600

15. Αυτοφύες τελλούριο (λευκό), κυρίως στα περιθώρια των πολυμεταλλιτών.

Native Te mainly in the marginal parts of the tetranedrite-tennantite series. Refl. light, nicols //, X 300.

16. Αυθυγενείς κρύσταλλοι αυτοφουσών Te με τεννανίτη.

Autochthonous crystals of native Te, with tennantite. Refl. light, nic. //, X 300

17. Μικροί κόκκοι χρυσού εγκλωβισμένοι στον εναργίτη.

Small gold grains, included in the enargite. Refl. light, nicols //, X 400 oil

18. Κόκκοι χρυσού στα άκρα κρυστάλλου λουζονίτη.

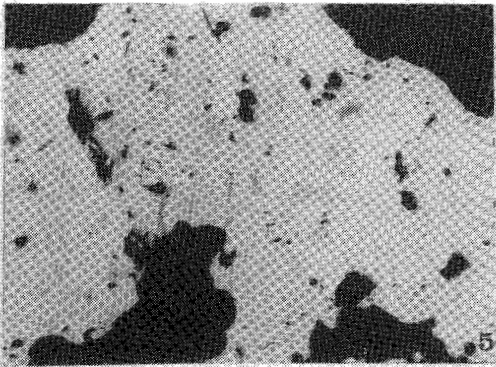
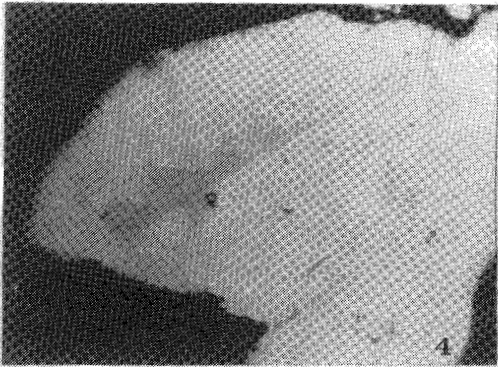
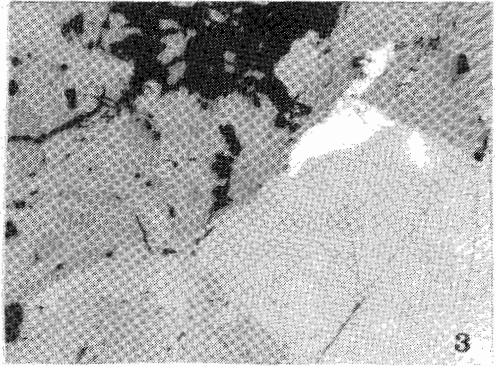
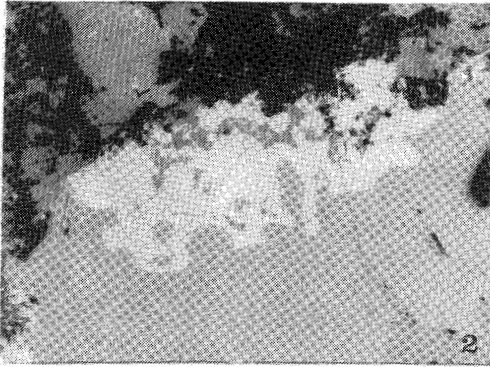
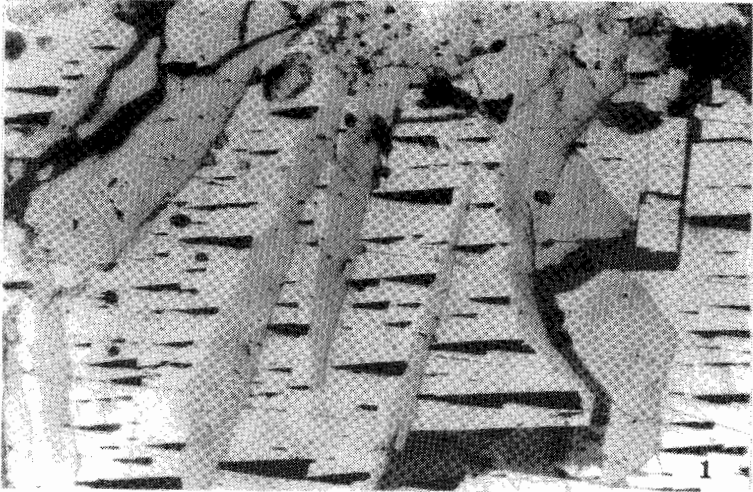
Gold grains at the rims of the luzonite. Refl. light, nicols //, X 400 oil im.

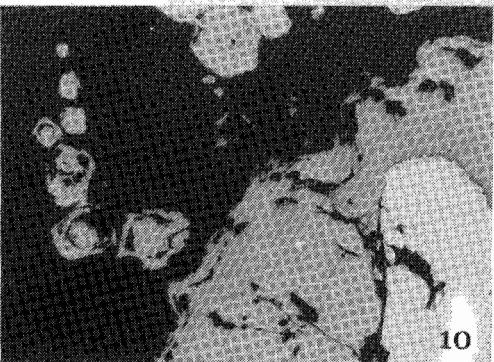
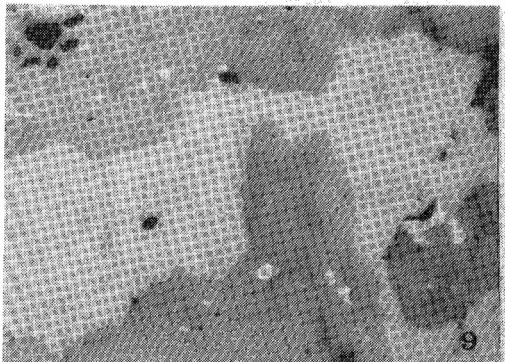
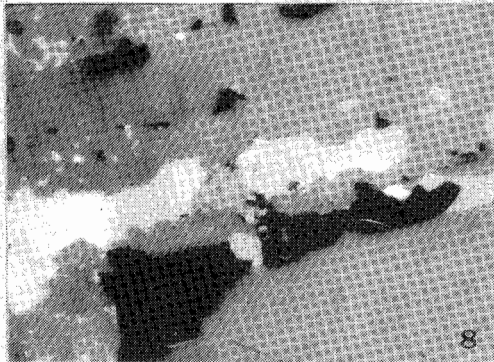
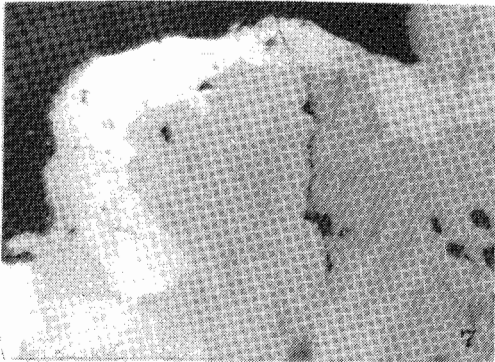
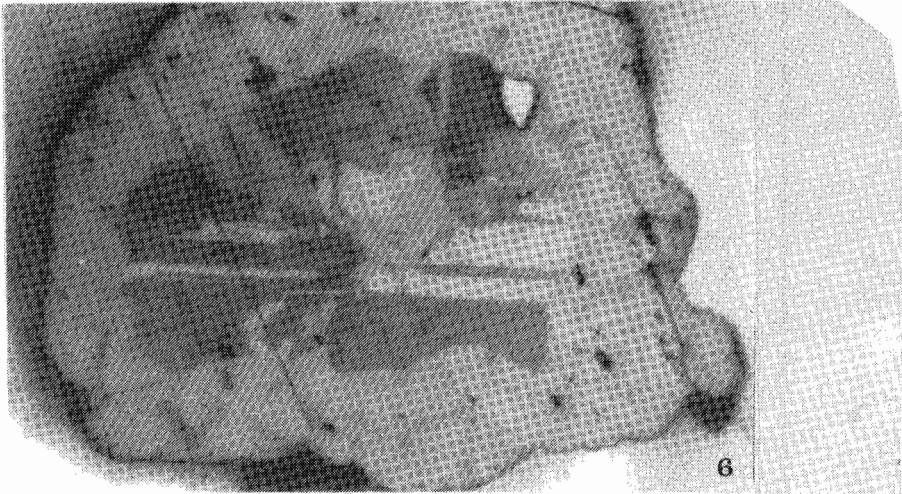
19. Κόκκοι χρυσού μαζί με εναργίτη, αλλά και εντελώς ανεξάρτητοι στο στέρο.

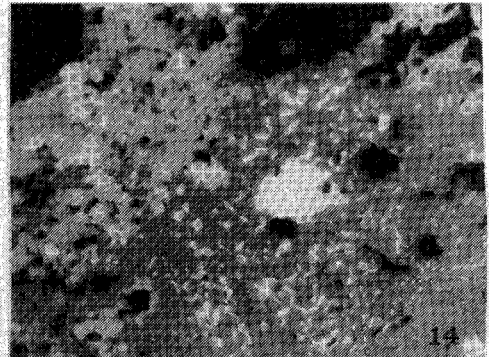
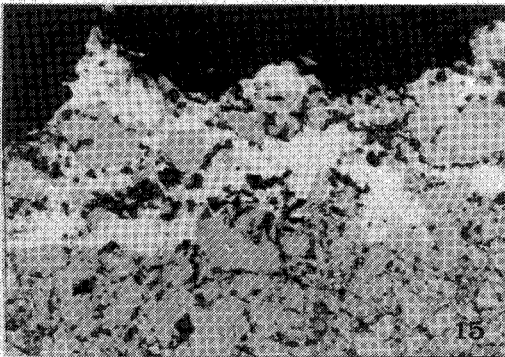
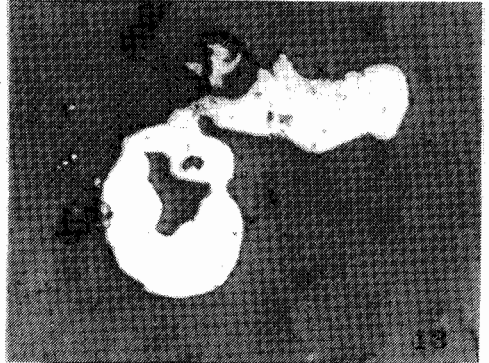
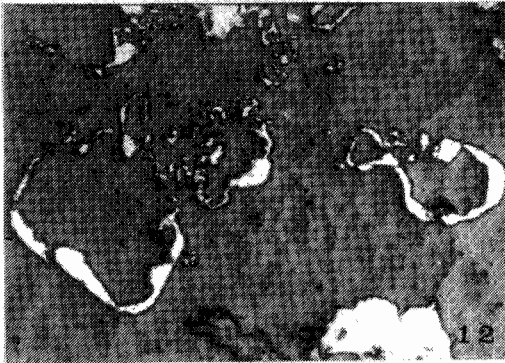
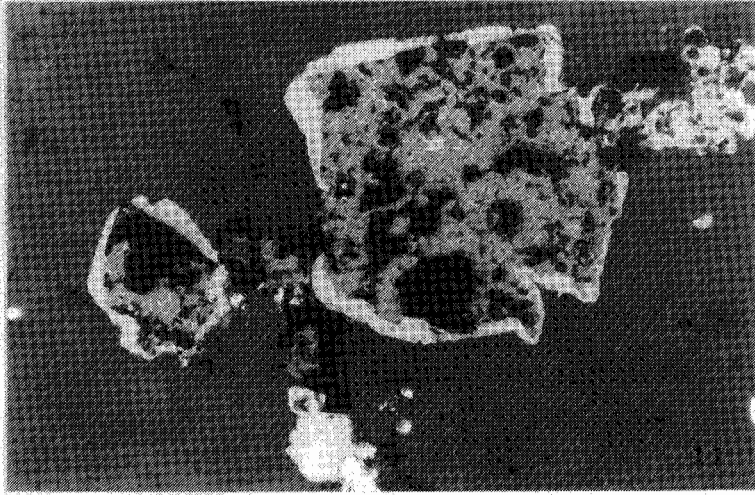
Gold grains associated with enargite, but also quite independent in the matrix. Refl. light, nicols //, X 600 oil

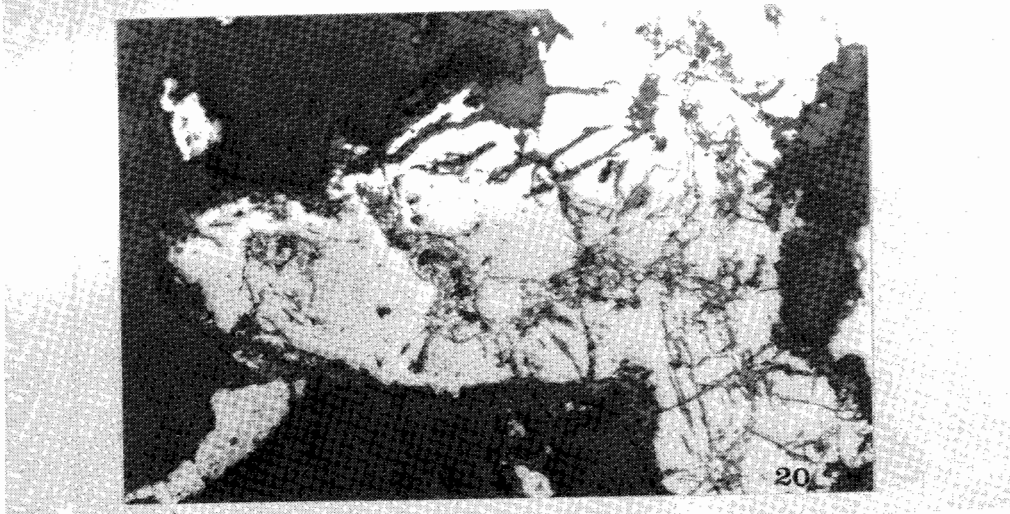
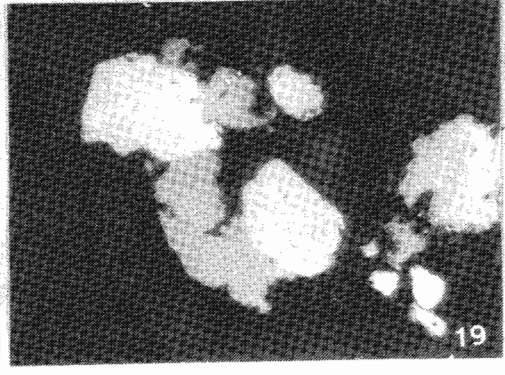
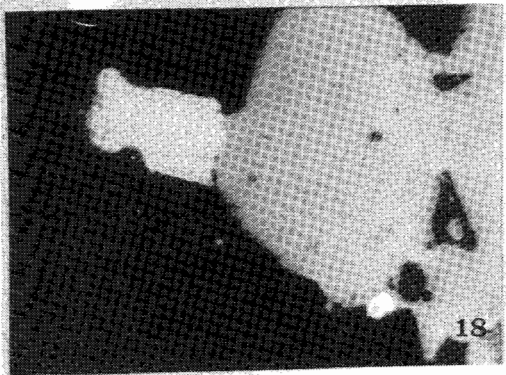
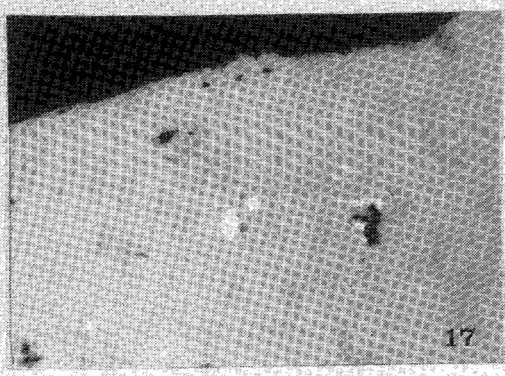
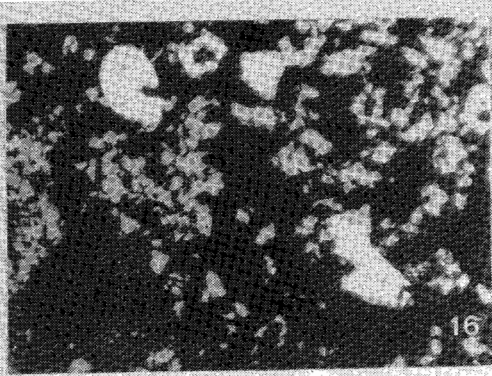
20. Ο χρυσός πληροί τις άφθονες μικρορωγμάτισεις ενός μεγάλου κρυστάλλου τετραεδρίτη.

Gold filling the abundant microfractures of a big tetrahedrite crystal. Refl. light, nicols //, X 200.









ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ΑΝΑΣΤΟΠΟΥΛΟΣ, Ι. (1961). Περί των γεωλογικών-κοιτασματολογικών συνθηκών εμφάνισης χαλκούχων μεταλλευμάτων παρά το χωριό Πεύκα. Αδημ. έκθεση ΙΓΜΕ Νο 928
- BURNOL, L. (1961). La recherche pour cuivre de Pevka. Rap.BRGM 1769
- DANIEL, O., HAYBA, -PHILIP, M., BETHKE, P., HEALD and NORA K. FOLEY (1985). Geologic, mineralogic and geochemical characteristics of volcanic hosted epithermal precious-metal deposits. Rev. in Economic Geology, Vol.2. Geology and Geochemistry of epithermal systems.
- ΔΗΜΟΥ, Ε., ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΙΔΟΥ, Ε. (1988). Mineralogical study of the composite and the oxidized sample from Molai area. Εκθεση ΕΟΚ Contr. ΜΑΙΜ-0051-C(AM) ΙΓΜΕ.
- ΔΗΜΟΥ, Ε., ΠΑΠΑΣΤΑΥΡΟΥ, ΣΤ., SERMENT, R. (1985). Μελέτη εμφάνισης αντιμονίου στην Β. Ελλάδα. Μέρος πρώτο. Αδημ. έκθεση ΙΓΜΕ.
- ΚΑΤΙΡΤΖΟΓΛΟΥ, Κ., ΜΙΧΑΗΛ, Κ., ΠΕΡΔΙΚΑΤΣΗΣ, Β. (1985). Πολυμεταλλικές συγκεντρώσεις περιοχής Πεύκων. Αδημ. πρόδρομος έκθεση ΙΓΜΕ
- ΚΟΥΒΕΛΟΣ, Κ., ΤΑΚΟΥΣΗΣ, Δ., ΑΝΔΡΙΝΟΠΟΥΛΟΣ, Α. (1979). Πρόδρομος έκθεση για την μέχρι σήμερα γεωχημική έρευνα της περιοχής Πεύκων. Εκθ. ΙΓΜΕ
- ΚΟΥΒΕΛΟΣ, Κ., ΤΑΚΟΥΣΗΣ, Δ., ΑΝΔΡΙΝΟΠΟΥΛΟΣ, Α., ΣΤΑΥΡΑΚΗ, Π. (1983). Εδαφογεωχημική έρευνα περιοχής Πεύκων. Αδημ. έκθεση ΙΓΜΕ.
- ΚΟΥΒΕΛΟΣ, Κ., ΤΑΚΟΥΣΗΣ, Δ., ΑΝΔΡΙΝΟΠΟΥΛΟΣ, Α., ΒΑΣΙΛΕΙΑΔΗΣ, (1985). Γεωχημική έρευνα ιζημάτων-ρεμάτων περιοχής Πεύκων. Αδημ. Εκθ. ΙΓΜΕ.
- ΜΕΛΙΔΩΝΗΣ, Ν. (1980). Γεωλογική δομή και κοιτασματολογία της Νήσου Τήνου (Κυκλάδες). Ε(δ. Μελ. Γεωλ. Ελλάδος Νο 13.
- MICHAEL, C., KATIPTZOGLOY, C., PERDIKATSI, V., CONSTANTINIDES, D. (1989). The polymetallic mineralization of the Pefka area, Evros country, Greece. Geologica Phodopica, Vol.1.
- ΜΙΧΑΗΛ, Κ., ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ, Π., ΜΑΡΑΝΤΟΣ, Ι., ΕΥΑΓΓΕΛΟΥ, Ε. (1988). Επιθερμικές μεταλλοφορίες Au στη περιοχή Κώνου, Αν. Ροδόπης. Αδημ. Εκθ. ΙΓΜΕ
- ΜΙΧΑΗΛ, Κ. (1993). Γεωλογία και Γεωχημεία του επιθερμικού κοιτάσματος χρυσού περιοχής Κώνου.
- ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ, Π. (1980). Γεωλογ. χάρτης της Ελλάδος (Φέρραι - Πέπλος - Αίνος
- ΠΑΡΑΣΚΕΥΑΪΔΗΣ, Η. (1952). Γεωλογική έρευνα στα Πεύκα-Κίρκη της Θράκης. Αδημ. έκθεση ΙΓΜΕ Νο 262.
- RAYMOND, R., JANNAS, RICHARD, E., BEANE, BRUSE, A., AHLER and DAVID, R. BROSNAN (1990). Gold and copper mineralization at the El Indio deposit, Chile. Journal of Geochemical Exploration, 36.
- ΡΩΜΑΪΔΗΣ, Γ. (1984). Εκθεση των εργασιών που πραγματοποιήσα στο μεταλλείο των Πεύκων Αλεξ/πολης στις 23-24/10/80. Αδημ. έκθεση ΙΓΜΕ.