

ΘΕΙΟΥΧΟΣ ΜΕΤΑΛΛΟΦΟΡΙΑ ΝΙΚΕΛΙΟΥ ΕΝΤΟΣ ΤΩΝ ΥΠΕΡΒΑΣΙΚΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ *

Υ Π Ο

Β. ΑΝΔΡΟΝΟΠΟΥΛΟΥ **

Σύνοψις. Είς τὴν προκαταρκτικὴν αὐτὴν ἐργασίαν διηρευνήθη τὸ πρόβλημα τῆς νικελιούχου μεταλλοφορίας τῶν ὑπερβασικῶν πετρωμάτων τῆς Ἑλλάδος, ἐν σχέσει πρὸς τοὺς ὀρυκτολογικοὺς φορεῖς αὐτῆς καὶ διεπιστώθη ἡ συνήθης παρουσία θειούχων ὀρυκτῶν νικελίου (ὥς καὶ χαλκοῦ κ. ἄ.) ἐντὸς τῶν ἑλληνικῶν ὑπερβασικῶν πετρωμάτων. Ἀποδεικνύεται οὕτω ὅτι ἡ νικελιοῦχος μεταλλοφορία ὀφείλεται πρωτογενῶς, κατὰ σημαντικὸν τουλάχιστον τμήμα, εἰς τὰ θειούχα αὐτὰ ὀρυκτά. Τὰ διαπιστωθέντα ὀρυκτὰ εἶναι: πεντλανδίτης, μίλλερίτης, μπραβοίτης, οὐλμαννίτης, βαλερίτης, χαλκοπυρίτης, μαγνητοπυρίτης, χαλκοσίνης, (θειούχα), ἀβαρουίτης, κυπρίτης καὶ αὐτοφυῆς χαλκός. Τῶν ὀρυκτῶν αὐτῶν δίδονται τὰ ὀπτικά χαρακτηριστικά καὶ αἱ συνθῆκαι ὑπὸ τὰς ὁποίας ἀπαντοῦν καὶ ἐξετάζονται αἱ μεταξὺ τῶν γενετικαῖ σχέσεις, ἡ μεταλλογενετικὴ διαδοχὴ καὶ αἱ συνθῆκαι γενέσεως. Θίγεται τέλος τὸ πρόβλημα τῆς σχετικῆς ἀφθονίας τῶν θειούχων ὀρυκτῶν ἐντὸς τῶν διαφόρων τύπων τῶν ὑπερβασικῶν πετρωμάτων ἐν σχέσει πρὸς τοὺς παράγοντας ἐκ τῶν ὁποίων αὕτη ἐξαρτᾶται.

Abstract. During this preliminary work an investigation was carried out in order to determine the nature of nickel bearing minerals in the Greek ultrabasic rocks. It has been found out that nickel originally occurs mostly in the form of sulphide minerals. The following mineralogical species have been determined: penlandite, millerite, bravoite, ullmannite, valeriite, chalcopryrite, pyrrhotite, chalcocite, awaruite, cuprite and native copper. The optical properties of these minerals, as well as the conditions in which these are encountered, are given. Also their genetic relationships, the metallogenetic sequence and the conditions of formation are examined. Finally the problem of their relative abundance and the factors that have influenced this abundance in the different types of ultrabasic rocks are considered.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Εἶναι γνωστὸν ἐκ τῆς Γεωχημείας ὅτι ἡ παρουσία ἑνὸς ὀρυκτοῦ ἢ ὁμάδος ὀρυκτῶν ἐντὸς ἑνὸς ἐκρηξιγενοῦς πετρώματος συνδέεται μὲ τὸν τύπον τοῦ πετρώματος αὐτοῦ. Προκειμένου περὶ ὑπερβασικῶν πετρωμάτων εἶναι γνωστὸν ὅτι εἰς τὴν μεταλλοφορίαν αὐτῶν ἐπικρατοῦν τὰ ὑπὸ μορφὴν ὀξειδίων ὀρυκτὰ καὶ τὰ αὐτοφυῆ μέταλλα, ἐνῶ τὰ θειούχα ὀρυκτὰ συνδέονται

* B. ANDRONOPOULOS: Minéralisation sulfurée de nickel etc. dans les roches ultrabasiques de Grèce.

** Ἀνεκινώθη κατὰ τὴν συνεδρίαν τῆς 10 - 5 - 1963.

κατὰ κανόνα μὲ ὀξινώτερα πετρώματα (βασικά καὶ πλούσια εἰς Al καὶ ὀστρίους).

Ἡ τοιαύτη κατανομή καὶ σύνδεσις τῆς μεταλλοφορίας ἐπιβεβαιοῦται γενικῶς ἀπὸ τὴν παρατήρησιν εἰς γήϊνην κλίμακα προκειμένου περὶ «κοιτασμάτων». Νεώτεροι ὅμως γεωλογικαὶ ἐργασίαι καὶ λεπτομερεστέρα ἐργαστηριακὴ ἔρευνα ἀπεκάλυψαν τὴν ὑπαρξίν πολλῶν χαρακτηριστικῶν ἐξαιρέσεων. Αἱ ἐν λόγῳ περιπτώσεις ἀφοροῦν εἴτε ἀσήμαντα κοιτάσματα, εἴτε, συνήθως, διάσπαρτον μεταλλοφορίαν εἰς περιεκτικότητι σήμερον μὴ ἐκμεταλλεύσιμον. Ἐκ τῶν περιπτώσεων αὐτῶν ἄλλαι μὲν παραμένουν ὡς «κοιτασματολογικὰ ἢ ὀρυκτολογικὰ παράδοξα» (π. χ. κοίτασμα ἀντιμονίτου καὶ κρύσταλλοι μολυβδαινίτου καὶ ἠλέκτρον (Au — Ag) ἐντὸς σερπεντίνου), ἄλλαι δὲ τείνουν, ἐπαναλαμβανόμεναι, εἰς τὴν ἀνατροπὴν παραδεδεγμένων τινῶν ἀπόψεων.

Ἡ παροῦσα ἐργασία, ἡ ὁποία ἀφορᾷ τὴν διάσπαρτον θειοῦχον μεταλλοφορίαν (ιδιαιτέρως νικελίου), διεξήχθη ὑπὸ τὸ πρῶτον ἀφ' ἐνὸς μὲν τῆς πληρεστεράς μελέτης γενικώτερον τῶν ὑπερβασικῶν πετρωμάτων τῆς Ἑλλάδος, μὲ τὰ ὁποῖα συνδέονται σημαντικώτατα μεταλλοφόρα κοιτάσματα, ἀφ' ἑτέρου δὲ τῆς λεπτομερεστεράς διερευνήσεως περιοχῶν αἱ ὁποῖαι θὰ παρουσίαζον ἐνδεχομένως ἰδιαίτερον ἐνδιαφέρον.

Κατωτέρω δίδομεν τὰ πρῶτα πορίσματα ἐκ τῆς διεξαχθείσης ἐργαστηριακῆς ἐρεῦνης ἐπὶ δειγμάτων ὑπερβασικῶν πετρωμάτων ἐκ διαφόρων περιοχῶν τῆς Ἑλλάδος, μὲ τὴν προοπτικὴν διευρύνσεως τῆς συνεχιζομένης ἐρεῦνης.

Ἡ θειοῦχος μεταλλοφορία ἐν γένει ἐντὸς τῶν ὑπερβασικῶν πετρωμάτων.

Εἶναι γνωστὸν ὅτι σημαντικὰ κοιτάσματα σιδηρονικελιούχων μεταλλευμάτων (Ν. Καληδονία, Κούβα, Ἑλλάς κ. ἄ.) συνδέονται ἀναμφισβητήτως μὲ τὴν παρουσίαν καὶ τὴν λατεριτικὴν διεργασίαν ὑπερβασικῶν ἐκρηξιγενῶν πετρωμάτων. Τὰ πετρώματα αὐτὰ παρουσιάζουν μίαν κυμαινομένην περιεκτικότητι εἰς νικέλιον, μὲ κατώτερον μὲν ὄριον συχνὰ κάτω τοῦ 0,07 %, ἀνώτερον δὲ ἐνίοτε 0,7 % (9). Ἐν τούτοις ὅμως ἡ φύσις τῶν ἀρχικῶν ὀρυκτολογικῶν φορέων τοῦ νικελίου δὲν ἦτο ἀκριβῶς γνωστή, ἡμφισβητεῖτο δὲ ἡ παρουσία θειούχων ὀρυκτῶν. Ἐπὶ τοῦ σημείου αὐτοῦ εἶναι γενικῶς παραδεκτὸν ὅτι τὰ σουλφίδια δὲν μίγνυνται ἐλευθέρως μετὰ τοῦ πυριτικοῦ τήγματος, κατὰ τὸν VOGT δὲ τὰ μονοσουλφίδια παρουσιάζουν κάποιαν διαλυτότητα εἰς ξηρὰ τήγματα βασικοῦ χαρακτήρος. Πιθανώτατα ὅμως ἡ παρουσία καὶ ἄλλων ὀρυκτολογικῶν καταλυτῶν (ἐκτὸς τοῦ S) αὐξάνει εἰς τὴν φύσιν τὴν διαλυτότητα τῶν σουλφιδίων (5).

Πρὸ πολλῶν ἤδη ἐτῶν ὠρισμένοι ἐρευνῆται εἶχον ἐπιστήσει τὴν προσοχὴν ἐπὶ τῆς ἀσυνήθους παρουσίας ἐντὸς τῶν ὑπερβασικῶν πετρωμάτων

θειούχων γενικῶς ὀρυκτῶν καὶ εἰδικώτερον τοῦ νικελίου. Οὕτω ὁ LODOT-CHNIKOV (6), εἰς τὴν ὀγκώδη ἐργασίαν του περὶ τῶν περιδοτιτῶν καὶ σερπεντινῶν ἐν γένει, ἀναφέρει τὴν παρουσίαν πολλῶν θειούχων ὀρυκτῶν Fe, Cu καὶ Ni, καθὼς καὶ τῶν ὀρυκτῶν ἀβαρουΐτου (Awaruite — φυσικὸν κρᾶμα Ni 70—75 % καὶ Fe 25—30 %) καὶ ἀρίτου (Ni (Sb, As). Ὁ LOGHINOV (7), ἐκτὸς τῶν θειούχων ὀρυκτῶν πεντλανδίτου, κουβανίτου κλπ., ἀναφέρει τὴν παρουσίαν κυπρίτου καὶ αὐτοφυοῦς Cu καὶ Fe.

Εἶναι γνωστὴ ἐξ ἄλλου ἡ παρουσία τοῦ λευκοχρύσου καὶ τῶν ὀρυκτῶν τῆς ὁμάδος αὐτοῦ (ὀρυκτὰ Pt, Ir, Os, Pd) ἐντὸς τῶν ὑπερβασικῶν πετρωμάτων. Κατὰ τὸν GOLDSCHMIDT, ἡ ὁμὰς τοῦ λευκοχρύσου παρουσιάζει χαρακτηῖρα περισσότερον χαλκόφιλον παρὰ λιθόφιλον, τοῦτο δὲ ἀποκτᾷ ἰδιαιτέραν σημασίαν. Πράγματι ἀπεδείχθη ὅτι εἰς τὰ Οὐράλια τὰ σουλφίδια τοῦ Ni καὶ Cu συνοδεύουν εἰς πολλὰς περιπτώσεις τὸν αὐτοφυῆ Pt. Πολλὰκις παρετηρήθη εἰς τὰ Οὐράλια ὅτι ἐνῶ δὲν εἶναι ὁρατὰ ὀρυκτὰ τοῦ Pt συνοδεύονται τὰ σουλφίδια εἰς τὸ ὑπερβασικὸν πέτρωμα, ἐν τούτοις ἐκ τῶν χημικῶν ἀναλύσεων διαπιστοῦται μία σχετικὴ συγκέντρωσις τοῦ Pt (καὶ τῶν ὀρυκτῶν τῆς ὁμάδος αὐτοῦ) ἐντὸς τῆς θειούχου φάσεως. Ὁ LOGHINOV ἀναφέρει 4 τοιαύτας περιπτώσεις καὶ ὁμιλεῖ περὶ ἀτομικῆς διασπορᾶς τοῦ Pt εἰς τὸ πλέγμα τοῦ θειούχου ὀρυκτοῦ, ἢ ὑπομικροσκοπικῶν ἐγκλεισμάτων ἢ ἀκόμη περὶ στερεῶν διαλυμάτων.

Λέχονται τέλος ὅτι εἰς τὴν θειούχον φάσιν τῶν ὑπερβασικῶν πετρωμάτων ἐπικρατοῦν τὰ θειοῦχα ὀρυκτὰ τὰ πτωχότερα εἰς S ἐν συγκρίσει πρὸς τὰ θειοῦχα ὀρυκτὰ τῶν ὀξινωτέρων πετρωμάτων. Ὁ σιδηροπυρίτης π. χ., ὁ ὁποῖος περιέχει S ἐν ἀφθονίᾳ, δὲν εἶναι συνήθης ὡς συγγενετικὸν ὀρυκτὸν εἰς τὰ ὑπερβασικὰ πετρώματα.

Τὸ νικέλιον ἐντὸς τῶν ὑπερβασικῶν πετρωμάτων.

Οἱ ὀρυκτολογικοὶ φορεῖς τοῦ Ni ἐντὸς τῶν σερπεντινωμένων ἢ μὴ ὑπερβασικῶν πετρωμάτων εἶναι συνεπῶς ποικίλοι. Ἀναφέρομεν κατ' ἀρχὴν τὴν (δυνατὴν) παρουσίαν Ni ἐντὸς τοῦ πλέγματος τοῦ δλιβίνου, δι' ὑποκαταστάσεως ἰόντων Ni εἰς τὴν θέσιν τοῦ Mg (αἱ ἀκτίνες ἰόντων σχεδὸν ταυτίζονται). Ἡ (μέση) περιεκτικότης εἰς NiO τοῦ δλιβίνου εἶναι 0,02 % (9), δυναμένη νὰ φθάσῃ εἰς 0,37 % (4). Ἐπ' αὐτοῦ δέχονται ὅτι ἡ περιεκτικότης εἰς NiO αὐξάνει μὲ τὴν περιεκτικότητα εἰς MgO (VOGT). Κατ' ἀνάλογον τρόπον ἀπαντᾷ τὸ Ni (ὡς NiO) ἐντὸς τῶν κρυστάλλων χρωμίτου καὶ μαγνητίτου.

Σημαντικὸς ἐπίσης φορεὺς Ni εἶναι καὶ ὁ ἀβαρουΐτης, ὁ ὁποῖος ἀπαντᾷ ἀποκλειστικῶς ἐντὸς τῶν περιδοτιτῶν. Τέλος ἡ θειοῦχος φάσις ἀποδεικνύεται πλέον ὅτι ἀντιπροσωπεύει σημαντικὸν τμήμα τῆς πρωτογενοῦς νικελιούχου μεταλλοφορίας. Ἐπὶ τοῦ σημείου αὐτοῦ φαίνεται ὅτι καὶ τὸ Ni τὸ ἀπο-

διδόμενον εἰς τὸ πλέγμα τοῦ ὀλιβίνου, εἰς τὴν πραγματικότητα ὀφείλεται πολλάκις εἰς λεπτοτάτην διασπορὰν θειούχων ὀρυκτῶν, εἰς κρυστάλλους ἐνίοτε ὑπομικροσκοπικῶν διαστάσεων. Εἰς τὴν τελευταίαν περίπτωσιν ἡ παρουσία θειούχων ὀρυκτῶν ἀποκαλύπτεται διὰ κλασματικῆς χημικῆς ἀναλύσεως καὶ ἐκ τῆς παρουσίας θείου ἐντὸς ὀλιβινικῶν κρυστάλλων (7).

Ἐκ τῆς πρωτογενοῦς αὐτῆς νικελιούχου μεταλλοφορίας προέρχονται βεβαίως, διὰ δευτερογενῶν διεργασιῶν, τὰ ἔνυδρα νικελιοῦχα πυριτικά ὀρυκτὰ καὶ αἱ κολλοειδεῖς ἐνώσεις, αἱ ὁποῖαι ὑπὸ ποικίλα ὀνόματα (γαρνιερίτης, πιμελίτης, γεντίτης κ.λ.π.) καὶ μὲ ὅχι πάντοτε σαφῶς καθωρισμένην σύστασιν, ἀπαντοῦν εἰς τὰ σερπεντινωμένα ἢ λατεριτιωμένα ὑπερβασικά πετρώματα.

ΘΕΙΟΥΧΟΣ ΜΕΤΑΛΛΟΦΟΡΙΑ ΝΙΚΕΛΙΟΥ ΕΝΤΟΣ ΤΩΝ ΥΠΕΡΒΑΣΙΚΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ

Θειοῦχα ὀρυκτὰ τοῦ νικελίου διεπιστώσαμεν κατὰ πρῶτον ἐντὸς τῶν σερπεντινῶν τοῦ Βερμίου, ἐν συνδέσει μάλιστα μετὰ μαγνητίτου καὶ χρωμίτου (1), ἀργότερον δὲ ἐντὸς τῶν σερπεντινῶν τῆς νοτ. Εὐβοίας (2). Ἐξ ἀφορμῆς τῶν πρώτων αὐτῶν παρατηρήσεων ἐπεξετάθη ἡ σχετικὴ ἔρευνα ἐπὶ δειγμάτων ἐκ τῶν ὑπερβασικῶν πετρωμάτων διαφόρων περιοχῶν τῆς Ἑλλάδος, πρὸς τὸν σκοπὸν ὅπως ἀφ' ἐνὸς μὲν ἐλεγχθῇ ἐὰν ὑπῆρξε τυχαία ἢ διαπιστωθεῖσα παρουσία τῶν ὀρυκτῶν αὐτῶν, ἀφ' ἑτέρου δὲ διερευνηθῇ γενικώτερον ἡ νικελιοῦχος μεταλλοφορία τῶν ὑπερβασικῶν πετρωμάτων τῆς Ἑλλάδος¹.

Πρὸς τὸν σκοπὸν αὐτὸν κατεσκευάσθησαν καὶ ἐξητάσθησαν εἰς τὸ μεταλλογραφικὸν μικροσκόπιον στιλπναὶ τομαὶ ἐκ τῶν ὑπερβασικῶν πετρωμάτων τῶν κάτωθι περιοχῶν τῆς Ἑλλάδος :

Α) Περιδοτῖται διαφόρων τύπων.

Βούρινος	Λειβαδιά
Ἀετομηλίτσα (Ἡπείρου)	Λάρυμνα
Γρεβενίτιον »	Σέσκουλον (Θεσσαλίας)
Βούρμπιανη »	Βάβδος
Περιβόλι	Σουφλί
Δομοκός	Βέρμιον
Ἐρέτρια (Τσαγκλί)	Εὐβοία (Κάρυστος)
Ἀρχάνι (Λαμίας)	Τήνος
	Γαρέφι (Ἀρδαίας)

1. Ἐντὸς τῶν ὀφειολίθων τῆς περιοχῆς Ἀγόριανης (Ὁρθρος) ἀπαντᾷ νικελιοῦχος μεταλλοφορία ὑπὸ μορφὴν πυριτικῶν ὀρυκτῶν, ὑποδηλούντων τὴν πιθανὴν παρουσίαν πρωτογενῶν θειούχων ὀρυκτῶν τοῦ νικελίου (Γ. ΜΑΡΙΝΟΣ).

B) Όλιβινίται.

Αταλάντη	Σέσκουλον (Θεσσαλίας)
Άγγεΐαι (Φθιώτιδος)	Γρεβενίτιον (Ήπειρου)
Μέγας Πλάτανος (Φθιώτιδος)	Χρώμιον (Κοζάνης)

Ἐξητάσθησαν ἐπίσης δείγματα ἐκ διαφόρων, χρωμιτικῶν κοιτασμάτων τῆς Ἑλλάδος.

Ἐκτὸς τῆς δι' ὀπτικῶν μεθόδων ἐξετάσεως ἐγένοντο, ὅπου τοῦτο ἦτο δυνατόν, μικροχημικαὶ ἐξετάσεις καὶ δοκιμαὶ χρωματογραφίας ἐπαφῆς. Ἐμφελετήθησαν οὕτω αἱ συνθῆκαι ὑπὸ τὰς ὁποίας ἀπαντοῦν τὰ προσδιορισθέντα ὄρυκτὰ καὶ ἐξήχθησαν συμπεράσματα ὅσον ἀφορᾷ τὰς συνθήκας γενέσεως αὐτῶν. Τέλος ἐγένοντο ἐπὶ τυχαίων δειγμάτων χημικαὶ ἀναλύσεις διὰ τὸν ποσοτικὸν προσδιορισμὸν τοῦ Νί (ὀλικοῦ καὶ διαλυτοῦ).

α) **Γενικαὶ παρατηρήσεις.** Διεπιστώθη κατ' ἀρχὴν ὅτι ἡ παρουσία θειούχων ὄρυκτῶν τοῦ Νί εἰς τοὺς σερπεντίνας τῆς νοτίου Εὐβοίας καὶ τοῦ Βερμίου δὲν ἀπετέλει ἐξαίρεσιν. Ἀντιθέτως φαίνεται ἤδη ἐκ τῆς διεξαχθείσης ἐρεῦνης ὅτι εἰς τὰ ὑπερβασικὰ πετρώματα τῆς Ἑλλάδος εἶναι συνήθης ἡ παρουσία θειούχων ὄρυκτῶν τοῦ Νί. Οὕτω, ὅσον ἀφορᾷ τοὺς διαφόρων τύπων περιδοτίτας καὶ σερπεντίνας, ἀνευρέθη θειοῦχος μεταλλοφορία εἰς δείγματα 10 διαφόρων περιοχῶν (ἐκ τῶν 17 ἐξετασθεισῶν), ὅσον ἀφορᾷ δὲ τοὺς ὀλιβινίτας εἰς 4 ἐκ τῶν 6 ἐξετασθέντων κοιτασμάτων. Διεπιστώθη δηλ. θειοῦχος μεταλλοφορία τοῦ Νί εἰς τὰ ὑπερβασικὰ πετρώματα τῶν κάτωθι περιοχῶν :

Βούρινος, Ἀετομηλίτσα Ἡπείρου, Γρεβενίτιον (Ἡπ.), Περιβόλι, Ἐρέτρια (Τσαγκλί), Ἀρχάνι (Λαμίας), Σουφλί, Βέρμιον, νοτ. Εὐβοία, Τήνος, Ἀταλάντη, Ἀγγεΐαι (Φθιώτ.), Μεγ. Πλάτανος καὶ Σέσκουλον (Θεσσαλίας).

Διὰ τὰ δείγματα τῶν ὑπολοίπων περιοχῶν ἡ ἔρευνα ὑπῆρξε πρὸς τὸ παρὸν ἀρνητικὴ, χωρὶς βεβαίως τοῦτο νὰ σημαίνει κατ' ἀνάγκην ὅτι ἡ θειοῦχος μεταλλοφορία ἀπουσιάζει ἐκ τῶν περιδοτιτικῶν σωματίων τῶν ἐν λόγῳ περιοχῶν.

β) **Ὁρυκτολογία.** Ἐκ τῆς μέχρι σήμερον διεξαχθείσης ἐρεῦνης διεπιστώθησαν τὰ κάτωθι θειοῦχα ὄρυκτὰ ἐντὸς τῶν ὑπερβασικῶν πετρωμάτων :

Πεντανδίτης, μίλλερίτης, μπραβοΐτης, οὐλμαννίτης, βαλερούϊτης, χαλκοπυρίτης, μαγνητοπυρίτης, χαλκοσίνης καὶ σιδηροπυρίτης, καθὼς καὶ τὰ ὄρυκτὰ : κυπρίτης, αὐτοφυῆς Cu καὶ ἀβαρουνίτης.

Ἐκ τῶν ὄρυκτῶν αὐτῶν τινὰ προέρχονται ἐκ τῆς ἐξαλλοιώσεως ἄλλων (πρωτογενῶν) θειούχων ὄρυκτῶν. Τὰ ὀπτικὰ χαρακτηριστικὰ καὶ αἱ συνθῆκαι ὑπὸ τὰς ὁποίας ἀπαντοῦν τὰ ὡς ἄνω ὄρυκτὰ, πολλὰ τῶν ὁποίων διαπιστοῦνται διὰ πρῶτην φορὰν ἐν Ἑλλάδι, ἐκτίθενται ἐν συντομίᾳ κατωτέρω :

1. Ὁ π ε ν τ λ α ν δ ί τ η ς, (Fe, Ni)₈ S₈, ἀπεδείχθη ὅτι εἶναι τὸ συνηθέστερον θειοῦχον ὄρυκτὸν τοῦ Νί (ἀλλὰ καὶ τὸ συνηθέστερον σουλφί-

διον ἐν γένει) τῶν ἐλληνικῶν ὑπερβασικῶν πετρωμάτων. Συνήθως ἀπαντᾷ εἰς μικροὺς κρυστάλλους, μὴ ὁρατοὺς διὰ γυμνοῦ ὀφθαλμοῦ (διαστάσεων 0.05 mm), σπανιώτερον εἰς σχετικῶς εὐμεγέθεις κρυστάλλους (διαστάσεων 0.1—0.2 mm). Κατὰ κανόνα παρατηρήθη εἰς ἄλλοτριομόρφους κρυστάλλους, ὑπὸ μορφὴν μικρῶν κόκκων, ἐνίστε ὅμως σχηματίζει ἐπιμήκη πρισματικά ἢ πτεροειδῆ κρυσταλλικά συσσωματώματα (σερπεντίνης Σουφλίου). Τὸ χρῶμα εἶναι ἀνοιχτὸν κίτρινον μὲ τόνον κρῆμ καὶ ἡ ἀνακλαστικὴ ἱκανότης ὑψηλὴ. Ὁπτικῶς εἶναι ἰσότροπος. Ὁ σχισμὸς συχνὰ εἶναι καλῶς ὁρατὸς πρὸς διαφόρους κατευθύνσεις (σχισμὸς ἢ κατ' ἄλλους (3) ἐπίπεδον ἀποχωρισμοῦ (111)).

Παρατηρήθη συνήθως ἐξαλλοίωσις πρὸς μίλλερίτην, σπανίως δὲ πρὸς μπραβοίτην (σερπεντίνης Σουφλίου). Ὁ σχηματισμὸς τοῦ μπραβοίτου ἄρχεται ἐκ τῶν ἐπιπέδων σχισμοῦ τοῦ κρυστάλλου τοῦ πεντλανδίτου ἢ ἐκ τῆς περιφερείας αὐτοῦ καὶ θεωρεῖται γενικῶς ὡς τὸ πρῶτον στάδιον τῆς μετατροπῆς τοῦ πεντλανδίτου. Συνήθως ὅμως εἰς τὰ ἐξετασθέντα δείγματα ἡ ἐξαλλοίωσις τοῦ πεντλανδίτου ἔχει προχωρήσει μέχρι πλήρους ἀντικαταστάσεως τοῦ κρυστάλλου ὑπὸ μίλλερίτου.

Εἰς πολλὰς περιπτώσεις παρατηρήθη στενωτάτη σύνδεσις πεντλανδίτου καὶ βαλερίτου, ὑπὸ μορφὴν μικρῶν ἀκανονίστων ἐγκλεισμάτων βαλερίτου ἐντὸς τοῦ πεντλανδίτου, ὀφειλομένων πιθανώτατα εἰς ἀποχωρισμὸν ἐξ ἀρχικοῦ στερεοῦ διαλύματος καὶ ὄχι εἰς ἀντικατάστασιν.

Παρατηρήθη ὅτι εἰς πολλὰς περιπτώσεις ὁ πεντλανδίτης ἔχει ἀποτεθῆ εἴτε ἐντὸς τῶν ἐπιπέδων θραυσμοῦ τῶν κρυστάλλων τοῦ ὀλιβίνου, εἴτε ἐντὸς φλεβιδίων σερπεντίνου. Παρατηρήθη ἐπίσης ἐν στενῇ συνδέσει μετὰ μαγνητίτου, ὅτε ἡ ἀποτίθεται ἐντὸς τῶν ἐπιπέδων κατατμήσεως εὐμεγέθων ἰδιομόρφων κρυστάλλων πρωτογενοῦς μαγνητίτου, ἢ συναναπτύσσεται στενωῶς μετὰ τοῦ δευτερογενοῦς μαγνητίτου ἐγκλειόμενος ἢ περιβαλλόμενος ἐνίστε ὑπ' αὐτοῦ. Εἰς ὀλίγας τέλους περιπτώσεις παρουσιάζεται εἰς μικροὺς ἄλλοτριομόρφους κόκκους ἀποτεθέντας εἰς τὰ μεσοδιαστήματα τῶν κρυστάλλων τοῦ ὀλιβίνου ἢ τῶν πυροξένων.

Ἐκ τῶν παρατηρήσεων αὐτῶν συνάγεται ὅτι ὁ πεντλανδίτης ἐντὸς τῶν ἐξετασθέντων δειγμάτων πρέπει νὰ θεωρηθῇ ὡς πρωτογενὲς θειοῦχον ὀρυκτόν, ἀποτεθὲν εἴτε κατὰ τὴν διάρκειαν τοῦ κύκλου τῶν μαγματικῶν κρυσταλλώσεων (μετὰ τὴν κρυστάλλωσιν τοῦ ὀλιβίνου καὶ τῶν δξειδίων Cr, Fe) εἴτε κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς ὑδροθερμικῆς φάσεως ἐκ τῶν τελευταίων μαγματικῶν διαλυμάτων.

2. Ὁ μίλλερίτης, NiS, παρατηρήθη συχνότατα εἰς μικροὺς ἐπιμήκεις ἢ κοκκώδεις κρυστάλλους κιτρίνου χρώματος. Παρουσιάζει ὑψηλὴν ἀνακλαστικὴν ἱκανότητα, ἀσθενέστατον πλεοχροῖσμόν καὶ ἰσχυρὰν ἐγχρωμον ἀνισοτροπίαν (εἰς τόνους τοῦ κιτρίνου καὶ τεφροκύνου). Παρατηρήθη ἐνίστε μὲ διδυμίαν εἰς λαμέλλας.

Ἡ σύνδεσις του μετὰ τοῦ πεντλανδίτου ἐπεβεβαιώθη εἰς ὠρισμένας Ψηφιακὴ Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

περιπτώσεις, ἐν τούτοις ὅμως συνήθως παρουσιάζεται εἰς ἀνεξαορτίτους διασπάρτους κρυστάλλους συνδεομένους πάντοτε μὲ (ὑδροθερμικὰ) φλεβίδια σερπεντίνου ἢ μὲ τὴν σερπεντινικὴν μάζαν. Τὰ τελευταῖα μαγματικά (ὑδροθερμικὰ) διαλύματα δύνανται νὰ ἀποθέτουν αὐτοτελῶς μίλλερίτην ἢ νὰ προκαλοῦν τὴν ἐξαλλοίωσιν καὶ ἀντικατάστασιν ἐν ὅλῳ ἢ ἐν μέρει τοῦ πεντλανδίτου ὑπὸ μίλλερίτου. Εἰς ἄλλας περιπτώσεις ἐξ ἄλλου εἶναι γνωστὸς καὶ ὁ ὑπεργενετικὸς σχηματισμὸς τοῦ μίλλερίτου (εἰς τὴν ζώνην ἀναγωγῆς) ἐξ ἄλλων πρωτογενῶν ὀρυκτῶν.

3. Ὁ μ π ρ α β ο ῖ τ η ς, $(\text{Ni}, \text{Fe})\text{S}_2$ (μικτοὶ κρύσταλλοι FeS_2 καὶ NiS_2), παρατηρήθη εἰς ὀλίγας μόνον περιπτώσεις (περιδοτίτης Ἀρχανίου, Σουφλίου κ. ἄ.). Παρουσιάζει χρῶμα τεφροκίτρινον μὲ τόνον φαιὸν καὶ ἀνακλαστικὴν ἰκανότητα μικροτέραν τοῦ πεντλανδίτου. Δὲν παρατηρήθη ἢ συνήθης ζωνώδης κατασκευὴ καὶ τοῦτο ἀκριβῶς εὐρίσκεται ἐν συμφωνίᾳ μὲ τὸν (δευτερογενῆ) τρόπον σχηματισμοῦ του.

Παρατηρήθη πράγματι πάντοτε ἐν συνδέσει μετὰ τοῦ πεντλανδίτου τὸν ὅποιον ἀντικαθιστᾷ. Ἡ ἀντικατάστασις ἄρχεται ἐκ τῶν ἐπιπέδων σχισμοῦ ἢ ἐκ τῆς περιφερείας τῶν κρυστάλλων τοῦ πεντλανδίτου.

4. Ὁ ο ὕ λ μ α ν ν ί τ η ς, σπάνιον θειοῦχον ὀρυκτὸν τοῦ Ni καὶ Sb (NiSbS), παρατηρήθη εἰς μίαν μόνον περίπτωσιν, ἐντὸς τοῦ περιδοτίτου Ἑρετρείας (Τσαγκλί). Ἐκεῖ, παρὰ τὴν θέσιν Μαῦρος, τὰ θειοῦχα ὀρυκτὰ σχηματίζουν μικρὰν ἐμφάνισιν κυρίως ἐκ μαγνητοπυρίτου καὶ χαλκοπυρίτου μὲ ὀλίγον οὐλμαννίτην καὶ βαλεριίτην (ὁ τελευταῖος εἰς λαμέλλας συχνὰ προσανατολισμένας ἐντὸς χαλκοπυρίτου, ἀποχωρισθείσας ἐξ ἀρχικοῦ στερεοῦ διαλύματος).

Ὁ οὐλμαννίτης παρουσιάζεται εἰς εὐμεγέθεις κρυστάλλους, ἐνίστε ἰδιομόρφους, χρώματος λευκοῦ μὲ τόνον φαιοῦ ροδίζοντος. Οἱ κρύσταλλοι εἶναι ἐντόνως διεσπασμένοι, διακρίνεται δὲ ἐνίστε σχισμὸς κατ' ὀρθὴν γωνίαν. Εἶναι ἰσότροπος, μὲ ὑψηλὴν ἀνακλαστικὴν ἰκανότητα καὶ μέτριον ἀνάγλυφον. Τὰ κρυσταλλικὰ συσσωματώματα τοῦ οὐλμαννίτου εἶναι διάσπαρτα ἐντὸς τῆς μάζης τοῦ μεταλλεύματος, ἐκ τῶν ὀρυκτῶν τοῦ ὁποῖου ὁ χαλκοπυρίτης μὲν εἶναι σαφῶς μεταγενέστερος τοῦ οὐλμαννίτου (ὥς καὶ τοῦ μαγνητοπυρίτου), ὁ μαγνητοπυρίτης δὲ σύγχρονος ἢ ἴσως κάπως ἀρχαιότερος τοῦ οὐλμαννίτου. Αἱ φάσεις ὅμως αὐταί, τῶν ὁποίων ἡ πορεία ἦτο κατὰ τὸ σχῆμα :

μαγνητοπυρίτης
οὐλμαννίτης



χαλκοπυρίτης - βαλεριίτης

ἀνήκουν ὅλοι εἰς περιοχὰς ὑψηλῶν θερμοκρασιῶν, δεδομένου ὅτι ἤδη τὸ σύστημα χαλκοπυρίτου - βαλεριίτου (στερεὸν διάλυμα) ὑποδηλοῖ θερμοκρασίαν ἀνωτέραν τῶν 225°C .

Ὁ ὀπτικὸς προσδιορισμὸς τοῦ οὐλμαννίτου ἐπεβεβαιώθη διὰ τῆς χρωματογραφίας ἐπαφῆς καὶ μικροχημικῶς, δι' ἀνιχνεύσεως εἰς τὸν κρύσταλλον πρῶτον μὲν Ni, ἐν συνεχείᾳ δὲ Sb.

5. Ὁ μαγνητοπυρίτης παρετηρήθη εἰς ὀλίγας μόνον περιπτώσεις. Παρουσιάζει σαφῆ πλεοχροῖσμόν καὶ ἰσχυρὰν ἑγχρωμον ἀνιστροπίαν, ἀντικαθίσταται δέ, ὡς εἶδομεν, ὑπὸ τοῦ χαλκοπυρίτου (ἐμφάνισις Ἑρετρείας), ἐνῷ ἄλλοτε παρουσιάζεται ἐν συνδέσει μετὰ τοῦ πεντλανδίτου. Πρόκειται περὶ τῆς ποικιλίας τοῦ «μαγνητοπυρίτου I» ἢ ὁποῖα εἶναι καὶ ἡ συνήθης.

6. Ὁ βαλεριίτης, $\text{Cu}_3\text{Fe}_2\text{S}_7$ (μὲ χημικὴν σύστασιν ὅχι σταθεράν), παρετηρήθη συχνά, οὐδέποτε ὅμως εἰς ἀνεξαρτήτους κρυστάλλους, ἀλλὰ πάντοτε ἐν συνδέσει μετὰ τοῦ πεντλανδίτου ἢ τοῦ χαλκοπυρίτου.

Παρουσιάζει ἰσχυρότατον πλεοχροῖσμόν (λευκοκίτρινον - βαθυτέφρον), ἰσχυρὰν ἑγχρωμον ἀνιστροπίαν ὑπενθυμίζουσαν τὸν μολυβδαινίτην καὶ σκληρότητα (ἀνάγλυφον) περίπου ἴσην μὲ τοῦ πεντλανδίτου.

Ἐντὸς τοῦ πεντλανδίτου σχηματίζει μικρὰ ἐγκλείσματα χωρὶς ἐμφανῆ κανονικότητα εἰς τὴν διάταξίν των (σύνδεσιν π. χ. μὲ ὠρισμένας διευθύνσεις ἐντὸς τοῦ κρυστάλλου). Ἐκ τοῦ τρόπου πάντως κατὰ τὸν ὁποῖον ἀπαντᾷ εἶναι πιθανώτερον ὅτι ὁ βαλεριίτης ἀπεχωρίσθη ἐξ ἀρχικοῦ στερεοῦ διαλύματος μετὰ τοῦ πεντλανδίτου κατόπιν βραδείας ψύξεως. Εἶναι δηλαδὴ σχηματισμὸς ὑψηλῆς θερμοκρασίας καὶ δὲν ὀφείλεται εἰς ἀντικατάστασιν τοῦ πεντλανδίτου ὑπὸ χαλκούχων (ὑδροθερμικῶν) διαλυμάτων, τῶν ὁποίων ἐξ ἄλλου δὲν εἶναι ὁρατὴ ἄλλη ἐκδήλωσις ἢ μαρτυρία τῆς δρασέως των.

Ἐντὸς τοῦ χαλκοπυρίτου (θέσις Μαῦρος Ἑρετρείας) σχηματίζει μικροὺς κρυστάλλους ἢ συνηθέστερον λαμέλλας συχνὰ μὲ σαφῆ προσανατολισμόν, ἀποχωρισθείσας ἐξ ἀρχικοῦ στερεοῦ διαλύματος μετὰ τοῦ χαλκοπυρίτου (θερμοκρασία σχηματισμοῦ τουλάχιστον 225 C°).

7. Ὁ χαλκοπυρίτης παρετηρήθη σπανίως εἰς τὰ ἐξετασθέντα δείγματα τῶν υπερβασικῶν πετρωμάτων. Εἰς μίαν περίπτωσιν, ἐντὸς τῶν σερεπεντινῶν τῶν νοτίων προβούνων τοῦ ὀρεινοῦ συγκροτήματος Βόρα (περιοχὴ Γαρέφι Ἀρδαίας), ἀπαντᾷ εἰς σχετικὴν ἀφθονίαν, μὴ συνοδευόμενος ἀπὸ ἄλλα θειοῦχα ὄρυκτά. Τῆς ἀσημάντου αὐτῆς χαλκούχου ἐμφανίσεως ἐγένετο ἀνεπιτυχὴς ἀπόπειρα ἐκμεταλλεύσεως. Ἡ παρουσία τοῦ χαλκοπυρίτου εἰς τὴν προκειμένην περίπτωσιν πρέπει νὰ θεωρηθῇ συγγενετικὴ - μαγματική, συνδεομένη μὲ τὰ τελευταῖα στάδια κρυσταλλώσεως τοῦ μάγματος.

Ἐξ ἄλλου ὁ χαλκοπυρίτης ἀπαντᾷ ἐν ἀφθονίᾳ, ὡς εἶδομεν, εἰς τὴν μικρὰν ἐμφάνισιν τῆς θέσεως Μαῦρος Ἑρετρείας, συνοδευόμενος ὑπὸ βαλεριίτου, καὶ εἰς ἀραιοὺς κρυστάλλους ἐντὸς τοῦ ὀλιβινίτου Σέσκουλου.

8. Ὁ χαλκοσίνης παρετηρήθη εἰς ὀλίγας περιπτώσεις (Βούρινος, Ἀρχάνι), ἀντικαθιστῶν μάλιστα τὸν πεντλανδίτην. Σχηματίζει μικρὰ φλεβίδια τὰ ὁποῖα διασχίζουν τὸν κρύσταλλον τοῦ πεντλανδίτου καὶ ἀντι-

καθιστοῦν αὐτόν. Παρουσιάζει χαμηλὴν ἀνακλαστικὴν ἰκανότητα καὶ τεφροκύανον ἀπόχρωσιν (ἐν σχέσει πρὸς τὸν πεντλανδίτην), πρόκειται δὲ πιθανώτατα περὶ τοῦ ἰσοτρόπου ἢ κυανοῦ χαλκοσίνου (ἢ νεοδιγενίτου). Κατὰ θέσεις ὁ χαλκοσίνης ὀξειδοῦται πρὸς μεταλλικὸν χαλκόν. Εἰς τὰς ὡς ἄνω περιπτώσεις ὁ χαλκοσίνης πρέπει νὰ θεωρηθῇ ὑπογενής, ἀντιστοιχῶν εἰς φάσιν μεταγενεστέραν τῆς κρυσταλλώσεως τοῦ πεντλανδίτου, καὶ οὐχὶ ὑπεργενής. Πρὸς τοῦτο συνηγορεῖ καὶ τὸ γεγονὸς ὅτι δὲν παρατηρήθησαν ἄλλα πρωτογενῆ θειοῦχα ὀρυκτὰ τοῦ χαλκοῦ, ἐκ τῶν ὁποίων νὰ προέρχεται, δι' ὑπεργενετικῆς διεργασίας, ὁ χαλκοσίνης.

9. Ὁ αὐτοφυὴς χαλκὸς παρατηρήθη, πλὴν τῆς προηγουμένης περιπτώσεως, καὶ ἐντὸς φλεβιδίου διασχίζοντος ὀλιβινίτην (Ἀγγεῖαι). Παρουσιάζει τὰ συνήθη ὀπτικά χαρακτηριστικὰ καὶ ἐγκλείει ἢ ἐπενδύεται ὑπὸ κυπρίτου.

10. Ὁ ἄβαρουίτης (awaruite), φυσικὸν κράμα Ni 70—75% καὶ Fe 25—30%, διεπιστώθη εἰς μίαν μόνον περίπτωσιν (εἰς δείγμα χρωμίτου ἐκ τῆς Θεσσαλικῆς Πίνδου). Παρουσιάζεται εἰς πολυαριθμούς μικροὺς ἢ ἐνίοτε εὐμεγέθεις κρυστάλλους ἄνευ καθωρισμένου σχήματος καὶ πάντοτε ἐν συνδέσει μὲ φλεβίδια σερπεντίνου. Τὸ χρῶμα εἶναι λευκὸν καὶ ἡ ἀνακλαστικὴ ἰκανότης ἰσχυροτάτη (αἰσθητῶς ἰσχυροτέρα τοῦ πεντλανδίτου). Εἰς ὠρισμένους κρυστάλλους παρατηρήθησαν, ἐντὸς τοῦ ἀβαρουίτου, ὑπολείμματα πιθανῶς πεντλανδίτου. Ὁ τρόπος καθ' ὃν ἀπαντᾷ ὁ ἀβαρουίτης, συνηγορεῖ ὑπὲρ τοῦ ὑδροθερμικοῦ σχηματισμοῦ αὐτοῦ, πιθανῶς ἐκ πεντλανδίτου.

11. Τέλος ὁ σιδηροκυπρίτης παρατηρήθη εἰς ὀλίγας μόνον περιπτώσεις καὶ εἰς μικρὸν ἀριθμὸν κρυστάλλων.

γ) Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγεται ὅτι δυνάμεθα νὰ διαγράψωμεν ὡς ἀκολουθῶς τὸ γενικὸν σχῆμα κατὰ τὸ ὁποῖον πιθανώτατα χωρεῖ ἡ μεταλλογένεσις καὶ ἡ ὀρυκτολογικὴ διαδοχὴ:

Ὁρθομαγμα- { χρωμίτης, μαγνητίτης
τικὸν στάδιον { πεντλανδίτης, χαλκοκυρίτης, μαγνητοκυρίτης

Ὑδροθερμ- { πεντλανδίτης, μαγνητοκυρίτης, οὐλμαννίτης } ὑψ. θερμοκρ.
καὶ φάσεις { πεντλανδίτης - βαλεριίτης (Exsol.)
χαλκοκυρίτης - βαλεριίτης (Exsol.)
μιλλερίτης (;), χαλκοσίνης } χαμηλὴ θερμοκρ.
ἀβαρουίτης

Ἐξαλλοίωσις { μιλλερίτης
μπραβοίτης

Ὁξείδωσις κυπρίτης, αὐτοφυὲς χαλκός.

Μία αξιοσημείωτος, τέλος, παρατήρησης, ἄσχετος πρὸς τὴν θειοῦχον μεταλλοφορίαν, εἶναι καὶ ἡ διαπιστωθεῖσα εἰς πολλές περιπτώσεις ἀντικατάστασις χρωμίτου ὑπὸ μαγνητίτου, ὁ ὁποῖος ὑπὸ μορφὴν μικρῶν φλεβιδίων διασχίζει καὶ ἀντικαθιστᾷ τὸν κρύσταλλον τοῦ χρωμίτου. Ἡ «σιδηροποίησις» αὕτη τοῦ χρωμίτου ἐσημειώθη παλαιότερον εἰς τὸ Βέρμιον (1) καὶ εἶναι εἰς τὰς περιπτώσεις αὐτὰς ὑδροθερμικῆς προελεύσεως. Ἐνίοτε εἶναι ὁπτικῶς ὁρατὴ μία μεταβολὴ τῆς συστάσεως τοῦ χρωμιτικοῦ κρυστάλλου ἐκ τοῦ κέντρου πρὸς τὴν περιφέρειαν, ἐκδηλουμένη δι' αὐξήσεως τῆς ἀνακλαστικῆς ἱκανότητος (εἰκ. 8).

Ἐξάρτησις τῆς σχετικῆς ἀφθονίας τῶν θειούχων ὀρυκτῶν Νι ἐντὸς τῶν ὑπερβασικῶν πετρωμάτων. Ἀπὸ τὴν γενομένην μέχρι σήμερον ἔρευναν, τὰ πορίσματα τῆς ὁποίας δὲν εἶναι καὶ κατ' ἀνάγκην ὀριστικά, φαίνεται πιθανώτερον ὅτι ἡ σχετικὴ ἀφθονία τῶν θειούχων ὀρυκτῶν τοῦ Νι δὲν ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ εἴδους τοῦ ὑπερβασικοῦ πετρώματος. Τοιαῦτα ὀρυκτὰ ἀνευρέθησαν εἰς ὀλιβινίτας, δουνίτας καὶ πυροξενικούς περιδοτίτας περισσότερον ἢ ὀλιγώτερον σερπεντινωμένους. Σχετικῶς ἀφθονώτερα ἀνευρέθησαν εἰς δείγματα ἐκ τοῦ σερπεντινωμένου περιδοτίτου Ἐρετρείας (Κεδρόραχη), τοῦ ὀλιβινίτου Ἀγγειῶν Φθιώτιδος, τοῦ σερπεντινωμένου περιδοτίτου Ἀρχανίου Λαμίας καὶ τοῦ σερπεντινωμένου δουνίτου Σέσκουλου.

Ἐπίσης δὲν φαίνεται νὰ ὑπάρχῃ ἐξάρτησις ἐκ τῆς ἡλικίας τῶν ὑπερβασικῶν πετρωμάτων, εἴτε δηλ. ἀνήκουν αὐτὰ εἰς τὸν ἄλπικόν κύκλον εἴτε εἶναι παλαιότερα. Δεδομένου ὅτι αἱ μεγαλείτεροι περιδοτιτικαὶ μάζαι τῆς Ἑλλάδος ἀνήκουν εἰς τὸν ἄλπικόν τύπον (ζῶναι Ἀνατ. Ἑλλάδος καὶ Ἀξιοῦ) καὶ παρουσιάζουν ἓνα καθωρισμένον σχῆμα διεισδύσεως, ἐκχύσεως καὶ διαφοροποιήσεως τοῦ μάγματος, φαίνεται ὅτι ἡ σχετικὴ ἀφθονία τῶν θειούχων ὀρυκτῶν ἐξαρτᾶται ἀφ' ἑνὸς ἐκ τῆς ἀρχικῆς συστάσεως τοῦ μάγματος, ἀφ' ἑτέρου δὲ καὶ κυρίως ἐκ τῶν εἰδικῶν συνθηκῶν αἱ ὁποῖαι προσδιώριζον ἐκάστοτε τὰς λεπτομερείας τῶν διαφοροποιήσεων καὶ κρυσταλλώσεων καθὼς καὶ ἐκ τῆς παρουσίας καὶ τοῦ εἴδους τῶν πτητικῶν συστατικῶν εἰς τὸ μάγμα. Θεωρητικῶς πρέπει νὰ ἀναμένεται ὅτι τὰ θειοῦχα ὀρυκτὰ θὰ εἶναι ἀφθονώτερα εἰς τὰ βραδύτερον στερεοποιηθέντα μέλη τῆς σειρᾶς, ἐν τούτοις ὅμως εἰς τὰ Ν. Οὐράλια (7) οἱ δουνίται εἶναι πλουσιώτεροι τῶν χαρζβουργιτῶν. Ἐπίσης εἶναι δυνατόν ἡ θειοῦχος φάσις νὰ παρουσιάζῃ ἠϋξημένην συγκέντρωσιν εἰς τὴν περιφέρειαν τοῦ περιδοτιτικοῦ σώματος (διὰ γενετικούς λόγους), ἐπὶ τοῦ σημείου αὐτοῦ ὅμως ἀπαιτεῖται εὐρυτέρα ἔρευνα, ἢ ὁποία καὶ θὰ συνεχισθῇ.

Χημικαὶ ἀναλύσεις. Δι' ἐνδεικτικούς καὶ μόνον σκοποὺς ἐξετελέσθησαν ὀλίγαι χημικαὶ ἀναλύσεις διὰ τὸν προσδιορισμὸν τοῦ Νι (ὀλικοῦ καὶ διαλυτοῦ εἰς ὀξέα) ὀρισμένων δειγμάτων ὑπερβασικῶν πετρωμάτων. Αἱ ἀναλύσεις ἐγένοντο ἐπὶ τῶν αὐτῶν δειγμάτων ἐκ τῶν ὁποίων εἶχον κατασκευασθῇ μεταλλογραφικὰ παρασκευάσματα, ἔδωσαν δὲ τὰς ἀκολούθους τιμὰς:

Ψηφιακὴ Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας. Α.Π.Θ.

Αρ. Δείγμ.	Περιοχή	Ni	
		Διαλυτόν εἰς ὀξέα	Ὀλικόν
123	Ἀρχάνι . .	0,20 $\frac{1}{100}$	0,24 $\frac{1}{100}$
125	Ἀγγεῖαι . .	0,20	0,22
126	Ἐρέτρια . .	0,29	0,31
134	Περιβόλι . .	0,19	0,21
141	Σουφλί . . .	0,16	0,19

Αἱ ἀναλύσεις ἐξετελέσθησαν εἰς τὴν Γεωχημικὴν Ὑπηρεσίαν τοῦ Ὑπουργείου Βιομηχανίας. Εἶναι αὐτονόητον ὅτι αἱ ὡς ἄνω τιμαὶ δὲν ἀντιπροσωπεύουν κατ' ἀνάγκην τὴν μέσην περιεκτικότητα, ἡ ὁποία ὅμως εἰς πολλὰς περιπτώσεις δὲν θὰ πρέπη νὰ ἀφίσταται αἰσθητῶς τῶν ὡς ἄνω τιμῶν. Ὅσον ἀφορᾷ τὴν σχέσιν ὀλικοῦ καὶ διαλυτοῦ εἰς ὀξέα Ni, αὕτη ἐκφράζει ἐν πολλοῖς καὶ τὴν σχέσιν ὀλικοῦ καὶ θειούχου νικελίου.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τὰ πορίσματα ἐκ τῆς διεξαχθείσης ἐρεῦνης δύνανται νὰ συνοψισθοῦν ὡς κάτωθι :

1. Ἀπεδείχθη ὅτι ἡ διαπιστωθεῖσα θειοῦχος μεταλλοφορία νικελίου κλπ. εἶναι συνήθης ἐντὸς τῶν ὑπερβασικῶν πετρωμάτων τῆς Ἑλλάδος. Τοιαύτη μεταλλοφορία παλαιότερον ἐθεωρεῖτο γενικῶς σπανία καὶ τρόπον τινὰ ἀσυμβίβαστος μὲ τὸ ὑπερβασικὸν πέτρωμα.

2. Τὰ διαπιστωθέντα θειοῦχα ὀρυκτὰ εἶναι : πεντλανδίτης, μιλλερίτης, μπραβοίτης, οὐλμαννίτης, βαλεριίτης, μαγνητοπυρίτης, σιδηροπυρίτης, χαλκοπυρίτης καὶ χαλκοσίνης. Διεπιστώθη ἐπίσης ἡ παρουσία τοῦ ἀβαρουίτου, ὡς καὶ τοῦ κυπρίτου καὶ τοῦ αὐτοφυοῦς χαλκοῦ.

3. Ὅσον ἀφορᾷ τὴν ὀρυκτογένεσιν ὠρισμένα ἐκ τῶν ὡς ἄνω ὀρυκτῶν εἶναι πρωτογενῆ, ἄλλα δὲ (θειοῦχα ἢ μὴ) προέρχονται ἐκ τῆς ἐξαλλοιώσεως ἄλλων θειούχων ὀρυκτῶν. Τὰ πρωτογενῆ θειοῦχα ὀρυκτὰ συνδέονται ἄλλοτε μὲ τὸ κυρίως μαγματικὸν στάδιον, ἄλλοτε δὲ (συνηθέστερον) μὲ τὴν ὑδροθερμικὴν φάσιν, ἡ ὁποία προκαλεῖ αὐτομεταμόρφωσιν καὶ σερπεντινίνωσιν τοῦ πετρώματος.

4. Ἡ ἀρχικὴ συνεπῶς νικελιοφορία τῶν ὑπερβασικῶν πετρωμάτων (ἐκ τῶν ὁποίων διὰ λατεριτικῆς διεργασίας σχηματίζονται τὰ σιδηρονικε-

λιούχα κοιτάσματα) δρφέιεται, έν μέρει τουλάχιστον, είς τά θειούχα όρυκτά Νί.

δ. 'Η παρουσία τών θειούχων όρυκτών συνηγορεί διά τήν έρευναν επί τής τυχόν ύπάρξεως καί άλλων, έκτός του Νί, μετάλλων.

Έπληχολούθησε συζήτησις καθ' ήν :

α) 'Ο κ. ΚΙΣΚΥΡΑΣ άναφέρει ότι ό πεντλανδίτης που βρίσκεται μέσα στο μαγνητοπυρίτη υπερβασικών πετρωμάτων έχει σχηματισθή σέ ύψηλές θερμοκρασίες, όπως καί ό μαγνητοπυρίτης αυτός. Σε κανένα από τά δείγματα τέτοιου μαγνητοπυρίτου, παρμένα από διάφορα σημεία τής γής, που εξέτασε, δέν βρέθηκε ύδροθερμικός μαγνητοπυρίτης καί πεντλανδίτης.

β) 'Ο κ. ΣΠΗΛΙΑΔΗΣ παρατηρεί τά εξής : 'Η άνακοίνωσις του κ. ΑΝΔΡΟΝΟΠΟΥΛΟΥ είναι λίαν ένδιαφέρουσα, δεδομένης τής θεωρητικής καί πρακτικής συνάμα άξίας του θέματος. Θα ήτο δε εύχής έργον νά συνεχισθή ή έρευνα είς τόν τομέα τής πιθανής μεταλλοφορίας τών βασικών πετρωμάτων είς πολύτιμα όρυκτά. Δέν είναι άλλωστε άσκοπον νά ύπενθυμίσωμεν τας άνεξακριβώτους πληροφορίας περί άνευρέσεως πλατίνης είς τά καρόττα τών γεωτρήσεων τής Κένεκοτ είς Κοζάνην, όπως επίσης καί τών γεωτρήσεων είς τήν περιοχήν 'Απόλλωνος Ρόδου. Καί άν άκόμη επρόκειτο περί ίχνων νομίζομεν ότι επιβάλλεται ή περαιτέρω διερεύνησις του θέματος, έφ' όσον όπως είναι γνωστόν, τά μαγματικά αυτά πετρώματα έχουν μεγάλην εξάπλωσιν είς όλόκληρον τήν Έλλάδα.

γ) 'Ο κ. ΠΑΠΑΣΤΑΜΑΤΙΟΥ έρωτᾷ 1) εάν είναι όρατά μακροσκοπικώς τά θειούχα αυτά όρυκτά του Νί, ώστε νά είναι δυνατόν νά έντοπισθοῦν κατά τήν ύπαίθριον έργασίαν ώρισμένοι ζώναι πλουσιώτεροι καί 2) εάν εξητάσθωσαν δείγματα από τούς σερπεντίνας του φλύσχου (Εύβοια, Κρήτη).

Είς τά άνωτέρω ό κ. ΑΝΔΡΟΝΟΠΟΥΛΟΣ απήντησεν ως άκολούθως :

α) Προφανώς τά δείγματα του κ. ΚΙΣΚΥΡΑ προήρχοντο από νικελιούχα κοιτάσματα διαφορετικής προελεύσεως ως π. χ. του Sudbury (συνδεόμενα προς βασικά πετρώματα) καί είς τά όποία πράγματι είναι γνωστόν ότι ό πεντλανδίτης συνδέεται συνήθως μετά του μαγνητοπυρίτου. Είς τήν προκειμένην περίπτωσιν ή μεταλλοφορία εύρίσκεται έν άραιᾷ διασπορᾷ αποκλειστικώς έντός υπερβασικών πετρωμάτων όπου, ως εξέτέθη, ό μαγνητοπυρίτης είναι σχετικώς σπάνιος καί είς έλαχίστας περιπτώσεις συνδέεται μετά του πεντλανδίτου. 'Ο τελευταίος, ως έχει διαπιστωθή καί άλλαχού, δέν είναι πάντοτε ύδροθερμικός, αλλά, ως παρατηρήθη, συνδέεται πολλάκις μέ τό κυρίως μαγματικόν στάδιον.

β) Είς τόν κ. ΣΠΗΛΙΑΔΗ άπαντᾷ ότι όσον άφορᾷ τήν περιεκτικότητα είς Νί άπομένει επί του παρόντος νά άνευρεθοῦν τυχόν πλουσιώτεροι ζώναι έντός τών σερπεντινών τής Έλλάδος. 'Όσον άφορᾷ τόν λευκόχρυσον, επαναλαμβάνει ότι τό θέμα είναι ένδιαφέρον διότι πολλάκις παρατηρήθη συγκέντρωσις τών όρυκτών τής ομάδος του λευκοχρύσου είς τήν θειούχον φάσιν, χωρίς νά είναι όρατά τά όρυκτά αυτά. Εύχαριστεί τέλος τόν κ. Σπηλιαδή διά τήν πληροφορίαν καί τήν πρότασιν τήν σχετικήν προς τά άποτελέσματα τών γεωτρήσεων είς Ρόδον.

γ) Είς τόν κ. ΠΑΠΑΣΤΑΜΑΤΙΟΥ άπαντᾷ ότι 1) τά θειούχα όρυκτά του Νί είς όλίγας περιπτώσεις είναι όρατά διά γυμνού όφθαλμού, ένίοτε οὔτε καί διά φακού. Συνεπώς ή ύπαίθριος έρευνα παρουσιάζει σχετικήν δυσχέρειαν. 2) Δέν έδόθη εύκαιρία νά εξέτασθοῦν δείγματα έκ σερπεντινών του φλύσχου.

R É S U M É

Malgré que la présence des minéraux sulfurés dans les roches ultrabasiques se considérait jadis comme exceptionnelle, pourtant depuis plusieurs années on a constaté la présence très fréquente des sulfures, en particulier de Ni, sous forme de cristaux dispersés dans la masse de la roche ultrabasique. Ainsi plusieurs sulfures ont été reconnus, en général pauvres en S, tandis qu'ailleurs la concentration relative de minéraux du groupe de Pt se rattachait à la phase sulfurée.

La minéralogie du Ni dans les roches ultrabasiques peut être variée. Il se peut y avoir une substitution du Ni au Mg dans la maille surtout de l'olivine, ou se rencontrer dans les cristaux des spinelles, la présence de l'awaruite (Ni-Fe) étant confirmée exclusivement dans les roches ultrabasiques. Il paraît pourtant que la phase sulfurée représente, au moins dans la majorité des cas, la partie la plus importante de la minéralisation primitive nickelifère.

Après la présence prouvée des sulfures de Ni dans les roches ultrabasiques pour la première fois au Vermion (1) et en suite en Eubée du Sud (2), nous nous sommes engagés à la recherche systématique de la minéralisation sulfurée et l'étude plus complète sur ce point des roches ultrabasiques, responsables pour des gisements importants de minerais divers en Grèce. Les premières conclusions de ce travail, qui se poursuit, sont exposées ci-dessous.

L'étude préliminaire se constituait à l'examen des échantillons de très nombreux gisements des roches ultrabasiques de Grèce et a compris surtout l'examen au microscope métallographique et en second lieu la chromatographie par contact, la microchimie et quelques analyses chimiques. Elle a été constatée ainsi, dans la plupart de cas étudiés, la présence des sulfures surtout de Ni et moins de Cu, Fe, etc. Les minéraux suivants sont reconnus :

Pentlandite, millerite, bravoite, ullmannite, valeriite, chalcopyrite, pyrrhotite, chalcocite, pyrite, awaruite, cuprite et cuivre natif.

Ces minéraux se rencontrent sous forme de cristaux dispersés, de dimensions habituellement faibles et en concentration espacée ou souvent assez grande. La pentlandite est le sulfure le plus fréquent dans les échantillons examinés. C'est un sulfure primaire lié soit aux derniers stades de la cristallisation magmatique, soit à la phase hydrothermale et tous les deux cas se sont rencontrés. Une altération a été observée en millerite, plus rarement en bravoite, tandis que des inclusions de valeriite (solution solide) sont souvent observées.

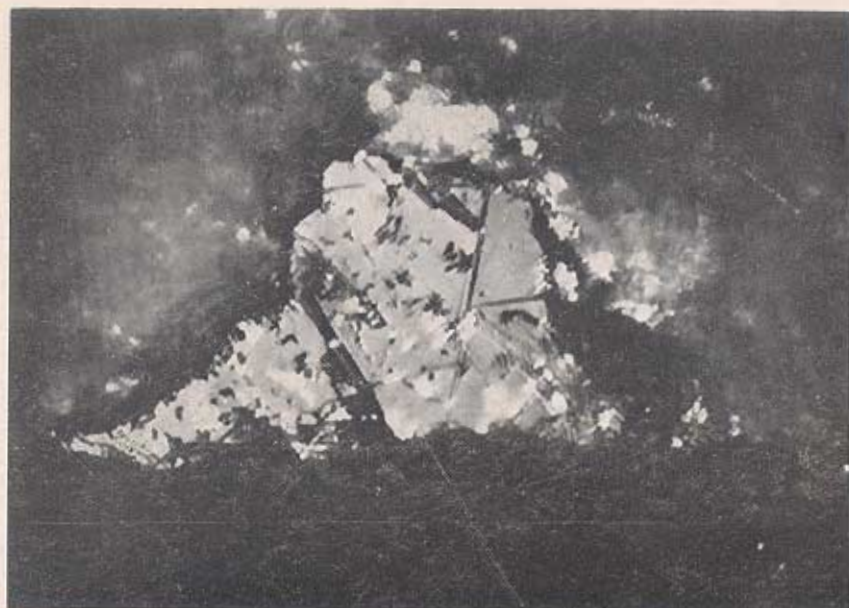
L'ullmannite a été trouvée à côté de pyrrhotite, chalcopyrite

et valeriite, uniquement dans la peridotite d'Eretria, où les sulfures s'accumulent en un gisement tout à fait insignifiant. La valeriite est liée soit à la pentlandite soit à la chalcopyrite (Eretria) dans laquelle présente de belles lamelles orientées (solution solide). La chalcopyrite, étant plus rare, se présente quelquefois assez abondante pour former des indices en tous cas sans intérêt (Garéfi Ardaia, Eretria). La chalcocite, d'après ce que nous pouvons déduire, serait hypogène, tandis que l'awaruite a été constatée, pour le moment, uniquement dans un échantillon de chromite provenant du Pinde (Thessalique), étant liée à la phase hydrothermale. Plusieurs des minéraux déterminés sont constatés pour le premier en Grèce.

En ce qui concerne les facteurs qui peuvent influencer la concentration relative des sulfures dans les roches ultrabasiques en Grèce, il est plus probable que celle-ci soit indépendante du type et de l'âge des roches ultrabasiques, tandis que par contre les conditions locales de la cristallisation et de la différenciation, ainsi que la présence et l'espèce des substances volatiles dans le magma, pourraient jouer un rôle certain dans la concentration de la phase sulfurée. Il se peut que cette dernière se présente enrichie dans la périphérie du corps ultrabasique (pour des raisons génétiques), mais sur ce point il est à poursuivre l'étude plus large nécessaire.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ANDRONOPOULOS, B. : Association de magnétite - chromite - pentlandite dans quelques gîtes de fer en Grèce. Bull. Soc. franç. Minér. Crist., **84**, (4), p. 345 - 9, Paris 1961.
2. ΑΝΔΡΟΝΟΠΟΥΛΟΥ, Β. : Γεωλογική κατασκευή της Ν. Εύβοίας. Ι.Γ.Ε.Υ., Γεωλ. και Γεωφ. Μελέται, **7**, (4), σ. 104 - 234, 'Αθήναι 1962.
3. GUILLEMIN, C. et OVTRACHT, A. : Eléments natifs, sulfures et sulfosels. Laboratoire de Géologie Appliquée, Paris 1960.
4. HINTZE, C. : Handbuch der Mineralogie. Leipzig 1897.
5. LINDGREN, W. : Mineral deposits. Mc Graw-Hill Book Co., New York 1933.
6. LODOTCHNIKOV, V. N. : Les peridotites et les serpentines d'Iltchir. Trad. CNIGRI, (38), Moscou 1936.
7. LOGHINOV, V. P. : A contribution to the study of the sulphide bearing of the ultrabasic rocks of the U.S.S.R. Trad. Inst. Geol. Naukr., **41**, (5), 1941.
8. PICOT, P. : Sur la présence de minerais métalliques nickélicifères dans les serpentines. Bull. Soc. franç. Minér. Crist., **82**, p. 329 - 34, Paris 1959.
9. RANKAMA, K. et SAHAMA, T. : Geochemistry. The University of Chicago Press, Chicago 1949.
10. SUPERCEANU, C. et MAIERU, O. : Neue Nickelerzvorkommen in den rumänischen Südkarpaten. Zeits. f. angew. Geologie, **8**, (10), p. 553 - 4, Berlin 1962, (Refer.).



Εἰκ. 1. Πεντανδίτης (τεφρόν) μὲ ἐγκλείσματα βαλεριίτου (λευκόν καὶ μέλαν) ἐντὸς σερπεντινωμένου περιδοτίτου (Ἀρχάνι Λαμίας).
NICOLS + Μεγέθ. $\times 260$.



Εἰκ. 2. Κρύσταλλοι πεντανδίτου ἐξαλλοιοῦμενοι πρὸς μπραβοίτην (τεφρόν). Εἰς τὸ κέντρον μαγνητίτης, Σερπεντίνης Σουφλίου.
NICOLS || Μεγέθ. $\times 260$.



Εἰκ. 3. Οὐλμανίτης (κέντρον) ἰσχυρῶς διαβεβρωμένος καὶ μαγνητοπυρίτης (ἄνω ἀριστερὰ καὶ κάτω δεξιὰ), ἐντὸς σερπεντινωμένου περιδοτίτου. Ἑρέτρια (Τσαγκλί).

NICOLS ||

Μεγέθ. $\times 120$



Εἰκ. 4. Κρύσταλλοι μιλλερίτου ἐντὸς σερπεντίνου. Ἑρέτρια (Τσαγκλί).

NICOLS ||

Μεγέθ. $\times 260$



Εἰκ. 5. Βαλεριίτης εἰς προσανατολισμέναις ταινίαις ἐντὸς χαλκοκυρίτου με πολὺδυμον κατασκευὴν. Σαφὴς ἡ ἰσχυρὰ ἀνισοτροπία τοῦ βαλεριίτου. Ἑρέτρια (Τσαγκλί).

NICOLS +

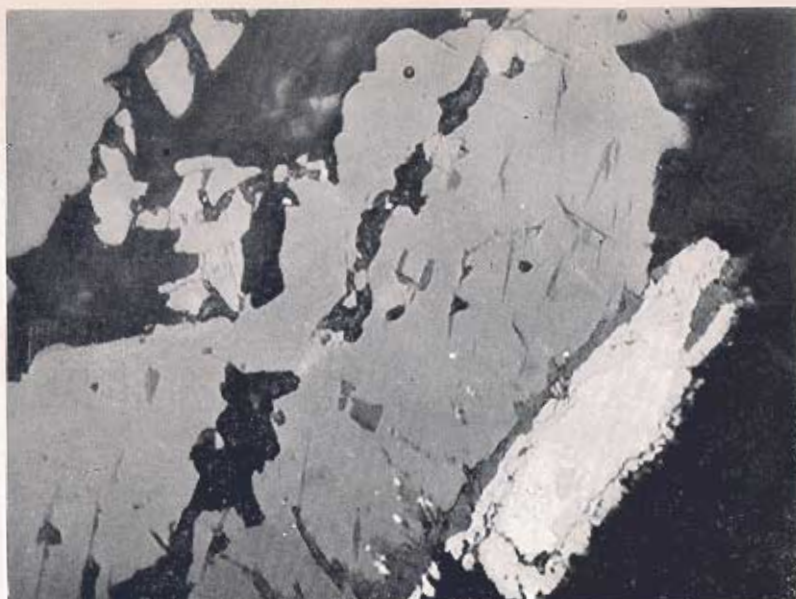
Μεγέθ. $\times 120$



Εἰκ. 6. Ὅμοιος ὡς ἀνωτέρω με NICOLS ||. Βαλεριίτης (βαθύτεφροι ταινίαι), χαλκοκυρίτης (τεφρόν) καὶ μαγνητοκυρίτης (βαθύτεφρον). Σαφὴς ὁ ἔντονος πλεοχρᾶσμός τοῦ βαλεριίτου.

NICOLS ||

Μεγέθ. $\times 120$



Εἰκ. 7. Αὐτοφυῆς χαλκὸς ἐγκλείων κοπρίτην καὶ περιβαλλόμενος ὑπ' αὐτοῦ. Ἐντὸς τοῦ ὀλιβινίτου Ἀγγειῶν.
NICOLS || Μεγέθ. $\times 260$



Εἰκ. 8. Κρύσταλλοι ἀβαρουίτου ἐντὸς σερπεντινικῶν φλεβιδίων μεταξὺ τῶν κρυστάλλων χρωμίτου (Θεσσαλ. Πίνδος). Οἱ κρύσταλλοι τοῦ χρωμίτου παρουσιάζουν μίαν ὀπτικῶς ὁρατὴν ἐξαλλοίωσιν πρὸς τὴν περιφέρειαν.
NICOLS || Μεγέθ. $\times 180$