

ΓΕΩΛΟΓΙΑ. — Μικροαναλυτικές διερευνήσεις και συγκρίσεις ολιβινών, πυροξένων και χρωμιτών, εκ των υπερβασικών διαπλάσεων Έλλάδος και Κύπρου, υπό Γ. Μαρίνου - Αικ. Σπαθῆ - Β. Περδικάτση*.
 *Ανεκοινώθη υπό τοῦ Ἀκαδημαϊκοῦ κ. Λουκᾶ Μούσουλου.

Συνεχίζοντας τὰς ἐρεῦνας ἐπὶ τῶν ολιβινῶν καὶ ολιβινιτῶν Ἑλλάδος καὶ Κύπρου (Μαρίνος, Μαράτος, Μαστραντώνης, Σπαθῆ, 1957 - 1981) διερευνῶμεν ἐδῶ μικροαναλυτικῶς τὸν χημισμόν τοῦ ολιβίνου καὶ τῶν συνοδῶν ὀρυκτῶν πυροξένων καὶ σπινελίων (χρωμίτου πρωτίστως) ἐπὶ δειγμάτων ληφθέντων ἐκ τῶν μεταλλείων χρωμίτου Ἀγίου Δημητρίου τοῦ ὄρους Πιερίων καὶ Κοκινόροττου τοῦ κεντρικοῦ ὄρους Τροόδου Κύπρου. Τὰ μελετηθέντα δείγματα εἶχον προηγουμένως (1981) ἐξετασθῆ διὰ τῆς ὀπτικῆς καὶ τῆς ἀκτινογραφικῆς μεθόδου, καὶ τὰ ἀποτελέσματα αὐτὰ συγκρίνονται πρὸς τὰ ἐκ τῆς μικροαναλύσεως ἐξαγόμενα, καθὼς μὲ ἐκεῖνα ἀπὸ ἄλλους μελετηθέντας ολιβινίτας τῆς Ἑλλάδος. Ἡ μικροανάλυσις ἔδειξεν ἐπὶ πλεόν, τὴν παρουσίαν καὶ ἄλλων μεταλλικῶν ὀρυκτῶν ἐντὸς τῶν υπερβασικῶν πετρωμάτων Πιερίων καὶ Κύπρου, περὶ τῶν ὁποίων ὁ λόγος ἐν συνεχείᾳ.

Διὰ τὸν μικροαναλυτικὸν διαχωρισμὸν τῶν ὀρυκτῶν φάσεων ἐχρησιμοποιήθη ἠλεκτρονικὸς μικροαναλυτὴς τύπου Super Probe 733, Jeol Ἰαπωνίας, μὲ χειριστὴν τὸν κ. Σ. Νανόπουλον, τῶν Ἐργαστηρίων τοῦ Ἰνστιτούτου Γεωλογικῶν καὶ Μεταλλευτικῶν Ἑρευνῶν (ΙΓΜΕ).

Ὀ λ ι β ί ν η ς. Τὰ ἐκ τῆς μικροαναλύσεως στοιχεῖα τῶν ὡς προηγουμένως, δειγμάτων ολιβινίτου Πιερίων (συλλέκτης Γ. Μαρίνος) καὶ Κύπρου (συλλέκτης Τ. Μαυρίδης) περιέχονται εἰς τὸν Πίνακα ἀριθμὸς 1.

Τὸ ἓνα δεῖγμα ἀμιγοῦς ολιβινίτου Πιερίων μικροαναλυθὲν ἐπὶ 8 σημείων ἔδειξε σιδηροῦχον φορστερίτην μὲ Fo 0.955.

Τὸ δεύτερον δεῖγμα ολιβινίτου Πιερίων, ἐξ ἐντρώσεως ἐντὸς χρωμίτου, ὑπὸ μικροαναλύσεως 19 σημείων παρουσίασε σιδηροῦχον φορστερίτην μὲ Fo 0.965.

Τὰ δείγματα Τροόδου Κύπρου, ἐξ ολιβινίτου ἐλαφρῶς σερπεντινωμένου, ἔδειχναν περισσότερον σιδηροῦχον περιόδοτον (ολιβίνην) (συγκριτικῶς πρὸς τὰ Πιέρια) μὲ Fo 0.898 - 0.915.

Τὰ ἀποτελέσματα ἐκ τῆς μικροαναλύσεως σχεδὸν ταυτίζονται πρὸς τὰ τῆς ὀπτικῆς καὶ ἀκτινογραφικῆς, ὅπως περαιτέρω ἀναγράφεται.

* G. P. MARINOS - K. SPATHI - V. PERDIKATSI, **Investigations by Electron Probe Method, and comparisons of olivine with pyroxene and chromite, from ultramafic formations, in Greece and Cyprus.**

Π Ι Ν Α Ξ 1.

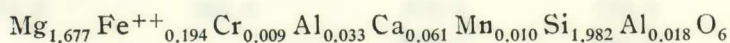
Μικροανάλυσις όλιβινών.

	1	2	3	4
SiO ₂	41.692	41.105	41.091	41.962
Al ₂ O ₃	0.030	0.045	0.041	0.042
MgO	48.285	50.590	54.267	54.381
NiO	0.145	0.269	0.333	0.370
FeO	9.515	7.716	4.071	2.905
MnO	0.237	0.203	0.136	0.107
TiO	0.065	0.043	—	—
Σύνολον	99.969	99.971	99.939	99.762
Αριθμός ιόντων με βάσιν 4 όξυγόνα				
Ti	1.005	0.999	0.984	1.000
Al	0.001	0.002	0.001	0.002
Mg	1.786	1.833	1.937	1.932
Ni	0.003	0.005	0.006	2.007
Fe	0.192	0.157	0.082	0.058
Mn	0.004	0.005	0.002	0.002
Ti	0.002	0.001	—	—

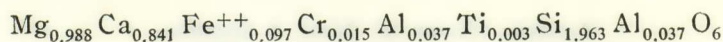
1. — Σιδηροϋχος φορστερίτης. Κύπρος Κοκκινόροττος. Δείγ. αρ. 9759. Σ. τ. αρ. 5349. Μέση ανάλυσις 6 σημείων. Χημικός τύπος: $Mg_{1.786} Fe^{++}_{0.192} SiO_4$ με προσμίξεις Al 0.001, Ni 0.003, Mn 0.004, Ti 0.002 %.
2. — Σιδηροϋχος φορστερίτης. Κύπρος - Κοκκινόροττος. Δείγ. αρ. 9758. Σ. τ. αρ. 5348. Μέση ανάλυσις 11 σημείων. Χημικός τύπος: $Mg_{1.833} Fe^{++}_{0.157} SiO_4$ με προσμίξεις Al 0.002, Ni 0.005, Mn 0.005, Ti 0.001 %.
3. — Σιδηροϋχος φορστερίτης. Πιέρια - 'Αγ. Δημήτριος. Δείγ. αρ. Π₁ Σ.τ. αρ. 5318. Μέση ανάλυσις 8 σημείων. Χημικός τύπος: $Mg_{1.937} Fe^{++}_{0.082} Si_{0.984} O_4$ με προσμίξεις Al 0.001, Ni 0.006, Mn 0.002 %.
4. — Σιδηροϋχος φορστερίτης. Πιέρια - 'Αγ. Δημήτριος. Δείγ. αρ. Π₂ Σ. τ. 5319. Μέση ανάλυσις 19 σημείων. Χημικός τύπος: $Mg_{1.932} Fe^{++}_{0.058} SiO_4$ με προσμίξεις Al 0.002, Ni 0.007, Mn 0.002 %.

Π υ ρ ό ξ ε ν ο ι. Τὰ ἐξαγόμενα ἐκ τῆς μικροανάλυσεως πυροξένων τῶν ὑπερβασικῶν Τροόδους Κύπρου περιέχονται εἰς τὸν Πίνακα ἀριθ. 2, ὡς μέσα μεγέθη ἐπὶ 7 ἀναλυθέντων σημείων. Τὰ μεγέθη αὐτὰ ὅπως καὶ αἱ προβολαὶ τῶν ἀτομικῶν ποσοστῶν, Ca, Mg καὶ ΣFe (ἐνθα $\Sigma\text{Fe} = \text{Fe}^{++} + \text{Fe}^{+++} + \text{Mn}$) ἐπὶ τοῦ τριγώνου βολλαστονίτης, ἐνστανίτης, φερροσιλίτης (εἰκ. 1) (Deer κ.ἀ. 1967) παρουσιάζουν ἀφ' ἐνὸς ὀρθοπυρόξενον ἐνστατίτην ἐκρηξιγενεὺς προελεύσεως μὲ $100 \text{ mg/Mg} + \Sigma\text{Fe} = 89.154$ καὶ ἀφ' ἐτέρου κλινοπυρόξενον μαγνησιοχρωμιούχον διοψίδιον (εἰκ. 1, σημεῖα 1 καὶ 2).

Ἐκ τῶν ἀναλυτικῶν αὐτῶν ἀποτελεσμάτων ἐξάγονται οἱ χημικοὶ τύποι διὰ τὸν ὀρθοπυρόξενον ἐνστατίτην:



διὰ τὸν κλινοπυρόξενον (μαγνησιοχρωμιούχον διοψίδιον)



ΧΡΩΜΙΤΗΣ ΚΑΙ ΣΥΝΟΔΟΙ ΣΠΙΝΕΛΙΟΙ

Κ ύ π ρ ο ς. Ἐλάχιστοι κρύσταλλοι «χρωμίτου» ἀπαντοῦν διάσπαρτοι μέσα εἰς τὰ ὀλιβινικά δείγματα ποὺ ἐξετάσθησαν ἀπὸ τὴν περιοχὴν Κοκκινόροτσος. Οἱ κρύσταλλοι εἶναι γωνιώδεις, στρογγυλευμένοι καὶ σπανίως ἰδιόμορφοι. Οἱ περισσότεροι δὲν εἶναι ἀμιγεῖς, ἀλλὰ παρουσιάζουν, εἴτε εἰς τὴν περιφέρειαν αὐτῶν τμηματικὰς ὀρυκτοχημικὰς ἀντικαταστάσεις, εἴτε εἰς ἐσωτερικὰς αὐτῶν περιοχὰς. Αἱ διάφοροι φάσεις διερευνήθησαν μὲ τὸν μικροανλυτὴν καὶ τὰ ἀποτελέσματα τῶν ἀναλύσεων παρουσιάζονται εἰς τοὺς πίνακας 3 καὶ 4. Παρέχονται ἐντὸς αὐτῶν ἀναλύσεις ποὺ αἱ περισσότεραι ἀποτελοῦν μέσον ὄρον ἀναλύσεων περισσοτέρων τοῦ ἐνὸς σημείων. Τὰ συνολικὰ 40 σημεῖα ποὺ ἀνελύθησαν ἐντοπίζονται εἰς τοὺς ἰδίους ἢ διαφορετικοὺς κόκκους καθορισμένων περιοχῶν τῶν στυλπνῶν τομῶν. Αἱ περιοχαὶ ἐπελέγησαν μὲ τὴν βοήθειαν μικροσκοπίου καὶ παρίστανται μὲ τοὺς ἀριθμοὺς 1 - 4.

Ἀπὸ τὴν προβολὴν περιεχομένου κυψελίδος τῶν τρισθενῶν στοιχείων Al, Cr, Fe^{+++} εἰς τὸ τριγωνικὸν διάγραμμα Stevens (Εἰκ. 2) οἱ κόκκοι ποὺ ἀνελύθησαν χαρακτηρίζονται ὡς ἀργιλιохρωμίτης, σιδηροχρωμίτης, χρωμιούχος σπινέλιος καὶ χρωμιούχος μαγνητίτης νικελιούχος ἢ μή. Ἀπὸ τὴν μικροανάλυσιν προέκυψεν ἡ παρουσία χρωμιούχου αἱματίτου.

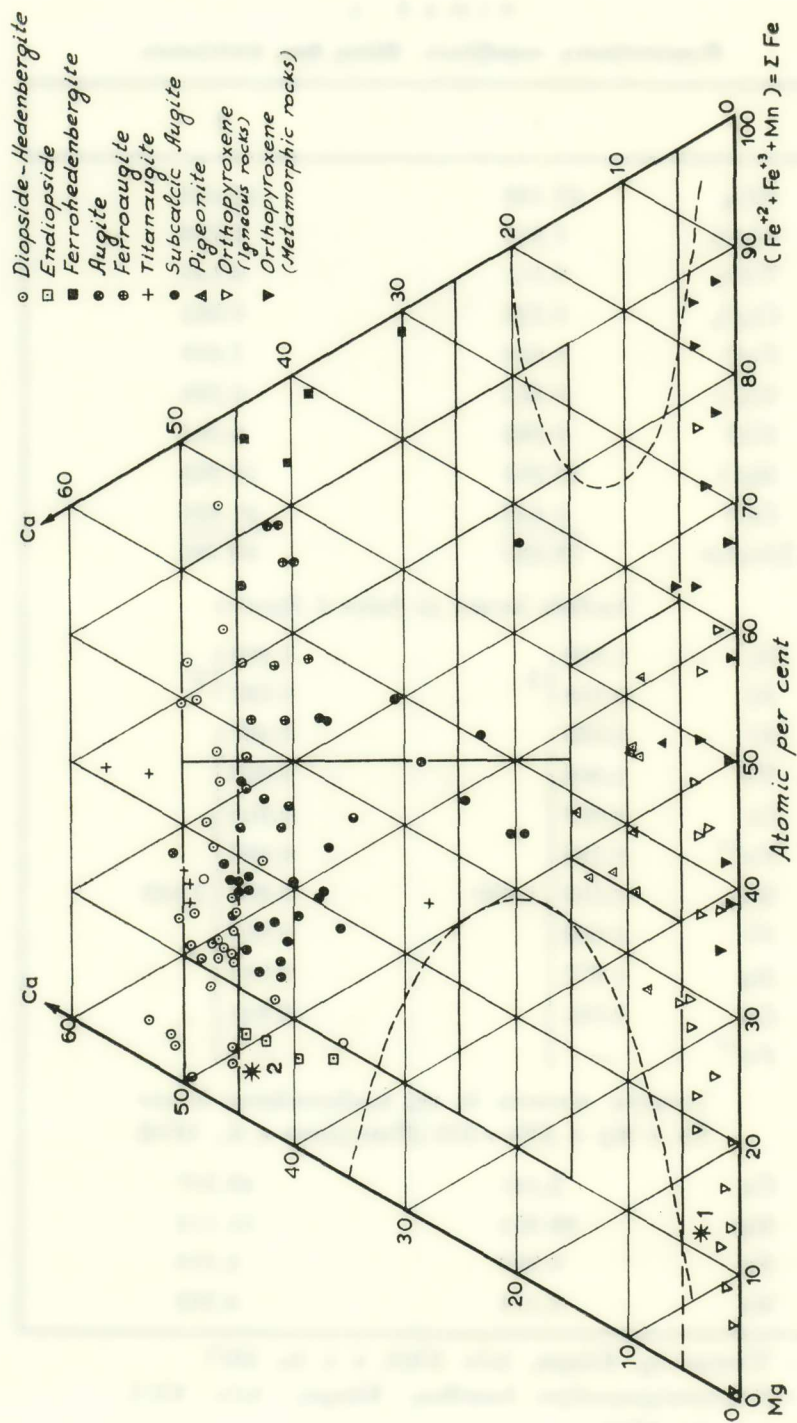
Π Ι Ν Α Ξ 2.

Μικροανάλυσις πυροξένων. Μέσος όρος αναλύσεων.

	1	2
SiO ₂	57.196	54.476
Al ₂ O ₃	1.254	1.718
TiO ₂	0.111	0.145
Cr ₂ O ₃	0.326	0.585
FeO	6.660	2.699
MnO	0.355	0.233
NiO	0.092	0.044
MgO	32.284	18.265
CaO	1.642	21.621
Σύνολον	99.920	99.786
Ἀριθμὸς ἰόντων μετὰ βάσιν 6 ὀξυγόνα		
Si	1.982	1.963
Al	0.018	0.037
Al	0.033	0.037
Ti	0.003	0.003
Cr	0.009	0.015
Fe ⁺²	0.194	0.097
Mn	0.010	0.007
Ni	0.003	0.001
Mg	1.677	0.988
Ca	0.061	0.841
Fe ⁺³	—	—
Ἀτομικὰ ποσοστὰ ἐκ τῆς ὁμαδοποιήσεως ἰόντων Ca + Mg + ΣFe = 100 (Hutchison κ. ἄ., 1974)		
Ca	3.141	43.507
Mg	86.354	51.112
Fe	9.989	5.018
Mn	0.114	0.362

1. — Ἐνστατίτης. Κύπρος. Δεῖγ. K9/2, σ. τ. ἄρ. 5317.

2. — Μαγνησιοχρωμιούχος διοψίδιος. Κύπρος. Δεῖγ. K9/2, σ. τ. ἄρ. 5317.



Εικ. 1. Προβολή πυροξένων (1.2). Είς τὸ διάγραμμα βολλαστονίτη, ἐνασταίτη, φερροσίλιτη (τροποποιημένο). Είς τὸ ἴδιον διάγραμμα ἢ κατανομή πυροξένων κατὰ Deer, βάσει χημικῶν ἀναλύσεων (V₃. Εἰκ. 4). 1. Ἐνασταίτης, 2. Διοψίδιος.

Εἰς τὸν χρωμοῦχον μαγνητίτην αἱ χημικαὶ ἀναλύσεις κλείνουν ἀσυμπλήρωτοι (πιν. 5). Αὐταὶ αἱ ὑστερήσεις ἀπὸ τὸ 100% ἀποδίδονται εἰς ἀτελείας στιλβώσεως τῶν στιλπνῶν τομῶν, δεδομένου ὅτι αἱ βιβλιογραφικαὶ μικροανάλυσεις τοῦ ὀρυκτοῦ εἶναι ἀπόλυτα ἱκανοποιητικά. Εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ νικελιούχου χρωμομαγνητίτου, μέρος τοῦ Fe^{++} (ἐνδεχομένως καὶ τοῦ Mg) ἀντικαθίστανται ἀπὸ Ni . Συνεπῶς ἐὰν τὸ περιεχόμενον τῆς κυψελίδος εἰς ἄτομα Ni , προστεθῇ εἰς ἐκεῖνο τοῦ Fe^{++} , τὸ ὀρυκτὸν προβάλλεται μαζὶ μὲ τοὺς ἄλλους χρωμομαγνητίτας εἰς ὀρθογώνιον διάγραμμα Stevens (Εἰκ. 2, ἡ προβολὴ σημειώνεται μὲ ἀστερίσκον).

Ἡ ὀπτική διαφοροποίησις τῶν διαφόρων φάσεων εἶναι ἀσαφὴς ἕως εὐδιάκριτος καὶ στηρίζεται μόνον εἰς ἐλαφρὰν διαφορὰν ἀποχρώσεως τοῦ χρώματος τῆς τομῆς, πού ἔχει ὡς ἑξῆς:

— Ἀργιλιοχρωμίτης: Χρῶμα τομῆς σκοτεινότερον ἕως ἀνοικτότερον. Τὸ ὀρυκτὸν ἀποτελεῖ τὸ μεγαλύτερον μέρος τῶν κόκκων. Μὲ αὐτὸ συνδέεται ὁ σιδηροχρωμίτης, χρωμοῦχος σπινέλιος καὶ ὁ νικελιούχος μαγνητίτης.

— Σιδηροχρωμίτης: Χρῶμα παρόμοιον τοῦ ἀργιλιοχρωμίτου μὲ σχετικῶς ἀνοικτοτέραν ἀπόχρωσιν. Παρουσιάζει σχέσιν ἀντικαταστάσεως μὲ τὸν ἀργιλιοχρωμίτην, ἀναπτύσσεται ὅμως εἰς περιορισμένην ἔκτασιν ὑπὸ μορφὴν συγκεντρωμένων σταγονιδίων κατὰ τόπους, ἐγγὺς τῆς περιφερείας τῶν κόκκων ἢ εἰς μορφὴν ὀφειουροειδῶν σχημάτων εἰς τὸ κέντρον ἄλλων. Εἰς τὴν δευτέραν περίπτωσιν φαίνεται ὅτι ἡ ἀντικατάστασις ἔγινε εἰς ρωγμὰς ἀπὸ τὴν κεντρικὴν περιοχὴν τοῦ κρυσταλλικοῦ ἀτόμου.

— Ἀργιλιοσπινέλιος: Χρῶμα μὲ καστανίζουσαν ἀπόχρωσιν ὡς πρὸς ἐκεῖνο τοῦ ἀργιλιοχρωμίτη, πού ἀντικαθιστᾷ περιφερειακὰ τμήματά του μὲ χαρακτηριστικὴν ἀνώμαλον ἐπιφάνειαν ἐπαφῆς.

— Χρωμοῦχος μαγνητίτης: Τὸ ὀρυκτὸν πού ἀναλύθηκε εἰς ἰδιόμορφον κρύσταλλον, παρουσιάζει ἀσαφῆ χρωματικὴν διαφορὰν ἀπὸ τὸν ἀργιλιοχρωμίτην, ὥστε εἰς τὴν περίπτωσιν τῆς τομῆς (5348 περιοχὴ 1), ὁ νικελιούχος χρωμομαγνητίτης νὰ μὴ διαφορίζεται ὀπτικῶς ἀπὸ τὸν ἀργιλιοχρωμίτην καὶ σιδηροχρωμίτην τοῦ ἴδιου συσσωματώματος. Αὕτῃ ἡ ἀσάφεια, πού ἀποδίδεται στὴν συνεχῶς μεταβαλλομένην περιεκτικότητά τῶν διαφόρων στοιχείων, ἐκδηλώνεται καὶ μὲ τὴν προβολὴν μιᾶς ἀναλύσεως τοῦ ὀρυκτοῦ στὰ ὅρια χρωμοῦχου καὶ ἀργιλιούχου μαγνητίτη στὸ τριγωνικὸ διάγραμμα Stevens (Εἰκ. 2).

— Χρωμοῦχος αἱματίτης: Ἀντικαθιστᾷ περιφερειακὸν τμήμα ἀργιλιοχρωμίτου, ἔχει τὸ ἴδιον τεφρίζον χρῶμα, ἀλλὰ σαφῶς ἀνοικτοτέραν ἀπόχρωσιν.

Π Ι Ν Α Κ 3.
Μικροανάλυσις «Χρωμιτών» Κύπρου.

Δεῦγμ. ἀφ. : 9758 Σ. τομή : 5348 Ὅργανό :	Ἀργιλιχορωμίτης (Aluminian Chromite)			
	1 3	1 2	3 3	3 2 4 4
Περ. σ. τομῆς :				
Μεσ. ὅρος σημείων :				
Cr ₂ O ₃	55.583	54.680	54.290	55.782
Al ₂ O ₃	11.583	12.120	11.623	8.417
Fe ₂ O ₃	3.300	3.300	4.180	5.500
TiO ₂	0.125	0.160	0.203	0.130
MgO	9.993	10.440	9.973	8.002
MnO	0.483	0.555	0.533	0.605
FeO	17.493	17.000	17.360	20.060
NiO	0.110	0.003	0.083	0.046
Σύνολον	98.670	98.285	98.245	98.542

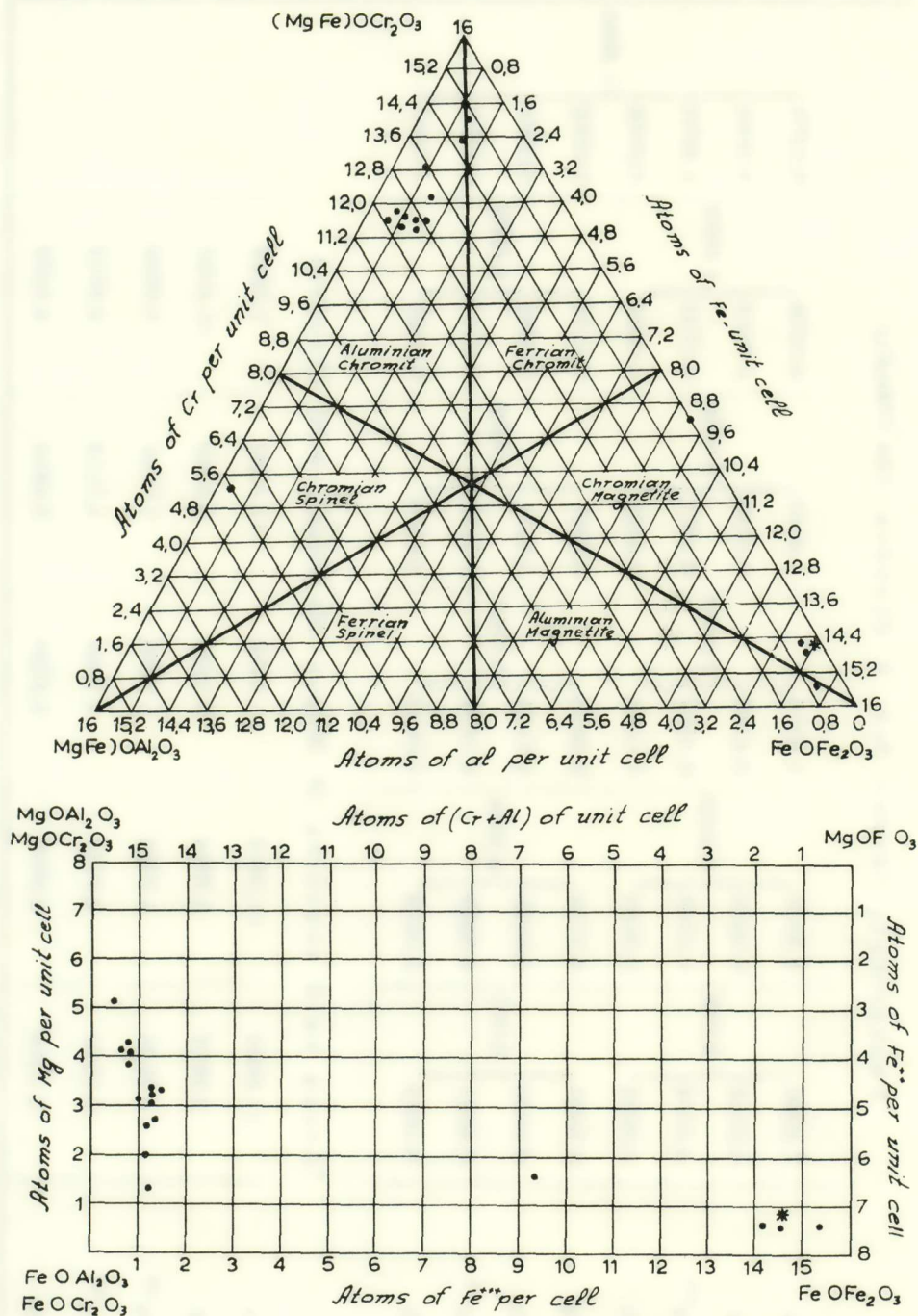
Υπολογισμός ιόντων με βάσιν 4 δευγόνα (Me OMe ₂ O ₃)									
Cr	1.4608	1.4349	1.4324	1.6425	1.5117				
Al	0.4539	0.4742	0.4572	0.1983	0.3401				
Fe ⁺ ³	0.0826	2.004	1.9955	1.9997	0.1419	1.9971			
Ti	0.0031	0.0040	0.1050	0.0053	0.0034				
Mg	0.4951	0.5165	0.4960	0.3121	0.4088				
Mn	0.0136	0.0156	0.0151	0.0216	0.0176				
Fe ⁺ ²	0.4863	0.9979	1.0041	0.9978	0.5751	1.0004			
Ni	0.0029	0.0008	0.4845	0.6651	0.0013				
			0.0022	0.0016					
Ατομα κατὰ κυψελίδα (8 Μόρια Me OMe ₂ O ₃ → 32 δευγόνα)									
Cr	11.6864	11.4792	11.4592	13.1400	12.0936				
Al	3.6312	3.7936	3.6576	1.5864	2.7208				
Fe ⁺ ³	0.6608	0.6592	0.8400	1.2160	1.1352				
Fe ⁺ ²	3.8904	3.7752	3.8760	5.3208	4.6008				
Mg	3.9608	4.1320	3.9680	2.4968	3.2704				

Π Ι Ν Α Κ 4.

Μικροανάλυσις «Χρωμιτών» Κύπρου.

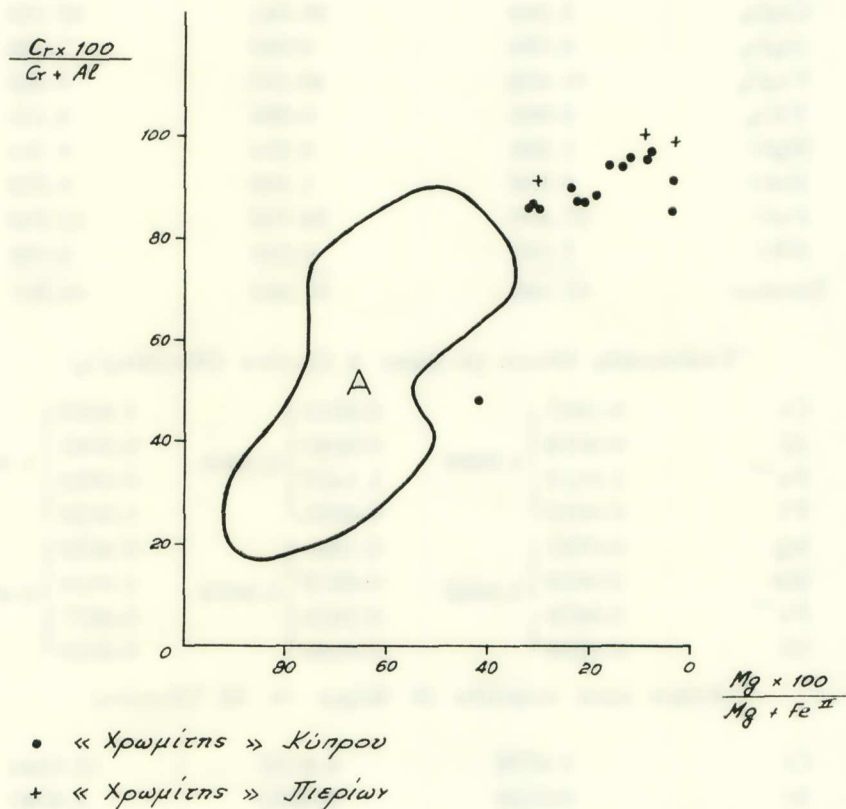
Δεῖγμ. ἀρ. : 9759 Σ. τομή : 5349 Ὁρυκτό :	Ἀργιλιόχρωμιτης (Aluminian Chromite)						Χρ. σπινέλιος Chr. spinel.	Αἱματίτης Hematite
	1	2	2	3	3	1		
Περιοχὴ σ. τομῆς : Μέσ. ὅρος σημείων :	3	1	4	6	6	2	3	2
Cr_2O_3	53.467	52.400	53.470	53.948	53.948	27.650		5.945
Al_2O_3	9.457	10.470	10.550	10.402	10.402	38.610		6.080
Fe_2O_3	5.830	6.050	6.050	4.950	4.950	3.300		91.239
TiO_2	0.123	0.100	0.150	0.136	0.136	0.045		0.010
MgO	6.690	7.280	7.630	7.528	7.528	14.506		0.010
MnO	0.650	0.670	0.597	0.662	0.662	0.347		0.050
FeO	21.870	20.770	20.820	20.643	20.643	15.523		0.000
NiO	0.470	0.080	0.057	0.070	0.070	0.107		0.045
Σύνολον	98.557	97.820	99.324	98.339	98.339	100.088		97.379

Υπολογισμός ιόντων δια 4 δεξυγόνα (Me OMe ₂ O ₃)						
Cr	1.4608	1.4226	1.4274	1.4549	0.6253	0.1278
Al	0.3852	0.4238	0.4199	0.4183	1.3019	0.0026
Fe ⁺³	0.1516	2.008	2.0053	2.0048	2.0038	1.9992
Ti	0.0032	0.1563	0.1537	0.1271	0.0710	1.8676
		0.0026	0.0038	0.0035	0.0010	0.0002
Mg	0.3446	0.3726	0.3840	0.3827	0.6184	1.9996
Mn	0.0190	0.0195	0.0171	0.0191	0.0084	0.0002
Fe ⁺²	0.6321	0.997	0.9908	0.9907	0.9926	0.0004
		0.5965	0.5881	0.5889	0.3714	1.0007
Ni	0.0013	0.0022	0.0015	0.0019	0.0025	0.0000
						0.0010
Ατομα κατά κυψελίδα (8 Μόρια Me OMe ₂ O ₃ → 32 δεξυγόνα)						
Cr	11.6864	11.3803	11.4192	11.6392	5.0024	
Al	3.0816	3.3904	3.3592	3.3364	10.4152	
Fe ⁺³	1.2128	1.2502	1.2296	1.0168	0.5680	
Fe ⁺²	5.0568	4.7720	4.7048	4.7112	2.9712	
Mg	2.7568	2.9808	3.0720	3.0616	4.9472	



Είκ. 2. Προβολή «χρωμιτών» από Πιέρια και Κύπρον εις τὸ τριγωνικὸν καὶ πρισματικὸν διάγραμμα Stevens.

Πίεση. Εἰς τὴν στιλπνὴν τομὴν ὁ «χρωμίτης» σχηματίζει ταινίαν ἀπὸ μεγάλους πανιδιομόρφους κρυστάλλους μὲ χρῶμα τομῆς τεφροκαστανίζον. Ἀπὸ τὴν μικροανάλυσιν διεφορίσθη τὸ ὄρυκτον ὡς ἀργιλιохρωμίτης καὶ χρωμιούχος μαγνητίτης (πιν. ἀριθ. 4).



Εἰκ. 3. Ἡ προβολὴ τῶν ἀναλυθέντων χρωμιτῶν εὐρίσκεται ἐκτὸς καὶ πέραν τῆς περιοχῆς τῶν σπινελίων τῶν «ἀλπινοτύπων περιδοτιτῶν» (κατὰ τὸ διάγραμμα Irvine 1967, Rothstein 1972).

● «Χρωμίτης» Κύπρου, + «Χρωμίτης» Πιερῶν.

Εἰς τὴν στιλπνὴν τομὴν ἀριθ. 5318, οἱ μεταλλικοὶ κόκκοι παρουσιάζονται μεμονωμένοι ἢ ὡς διάσπαρτα συσσωματώματα ποὺ συχνὰ ἀποτελοῦνται ἀπὸ τεφρίζοντα πυρῆνα καὶ λευκοτεφρίζουσιν περιφερειακὴν ζώνην (Εἰκ. 4). Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ περιφερειακὴ ζώνη ἀνελύθη εἰς 4 σημεῖα καὶ ὁ πυρὴν εἰς 6 καὶ ἀπὸ τὴν μικροανάλυσιν αὐτῶν προέκυψεν, ὅτι πρόκειται περὶ χρωμιούχου

Π Ι Ν Α Ξ 5.

Μικροανάλυσις «Χρωμίτου» περιοχής Πιερίων.

	1	2	3
Cr ₂ O ₃	5.966	28.541	60.089
Al ₂ O ₃	0.034	0.089	7.536
Fe ₂ O ₃	61.453	40.197	3.465
TiO ₂	0.065	0.088	0.150
MgO	1.266	3.254	9.784
MnO	0.159	1.163	0.573
FeO	27.400	24.100	17.242
NiO	7.040	0.548	0.068
Σύνολον	97.083	97.980	98.907

Υπολογισμός ιόντων με βάσιν 4 ὀξυγόνα (MeOMe₂O₃)

Cr	0.1847	0.8519	1.6068
Al	0.0016	0.0040	0.3005
Fe ⁺³	1.8112	1.1422	0.0882
Ti	0.0019	0.0025	0.0038
Mg	0.0739	0.1831	0.4932
Mn	0.0053	0.0372	0.0164
Fe ⁺²	0.8975	0.7610	0.4877
Ni	0.0233	0.0166	0.0018

Ατομα κατὰ κυψελίδα (8 Μόρια → 32 Ὄξυγόνα)

Cr	1.4776	6.8152	12.8544
Al	0.0128	0.0320	2.4040
Fe ⁺³	14.4896	9.1376	0.7056
Fe ⁺²	1.1800	6.0880	3.9016
Mg	0.5912	1.4648	3.9456

1. — Χρωμιούχος μαγνητίτης. Περιφερειακή ζώνη. Δείγ. Π₁ σ. τ. ἀρ. 5318.
Εἰκ. 5. Ἡ ἀνάλυσις εἶναι ὁ μέσος ὅρος ἀναλύσεων 4 σημείων.
2. — Χρωμιούχος μαγνητίτης. Χρωμιούχος πυρήν. Δείγ. Π₁, σ. τ. ἀρ. 5318.
Εἰκ. 4. Ἡ ἀνάλυσις εἶναι ὁ μέσος ὅρος ἀναλύσεων 6 σημείων.
3. — Ἀργιλιохρωμίτης. Δείγ. Π₂, σ. τ. ἀρ. 5319. Ἡ ἀνάλυσις εἶναι ὁ μέσος ὅρος ἀναλύσεων 4 σημείων.

μαγνητίτου, όπου εις την περιφερειακήν ζώνην επικρατεῖ ὁ σίδηρος (Εἰκ. 5) καὶ εἰς τὸν πυρῆνα τὸ χρώμιον (Εἰκ. 6).

Αἱ τιμαὶ ποὺ ἀντιπροσωπεύουν τὸ περιεχόμενον τῆς κυψελίδος εἰς ἄτομα τρισθενῶν στοιχείων προβάλλονται μέσα εἰς τοὺς ἀντιστοίχους τομεῖς τοῦ τριγωνικοῦ διαγράμματος Stevens διὰ τὸν ἀργιλιοχρωμίτην καὶ εἰς τὴν σιδηροῦχον περιφερειακήν ζώνην τοῦ χρωμιούχου μαγνητίτου καὶ ἐπὶ τῆς γραμμῆς Cr - Fe⁺⁺⁺ γιὰ τὸν χρωμιούχον πυρῆνα τοῦ δευτέρου (Εἰκ. 2).

Γενικῶς, οἱ κρύσταλλοι τοῦ χρωμιούχου μαγνητίτου μᾶλλον ἐσχηματίσθησαν κατὰ τὴν σερπεντινίωσιν τοῦ δουνίτη, γεγονὸς ἀπὸ μακροῦ γυνωστόν.

ΘΕΙΟΥΧΑ ΟΡΥΚΤΑ

Εἰς σερπεντινωμένον δεῖγμα Π₂ τῆς περιοχῆς Πιερίων παρατηρήθησαν διάσπαρτα κοκκία καὶ μικροσυσσωματώματα θειούχων ὀρυκτῶν. Τὰ συσσωματώματα αὐτὰ εἶναι μικροκκῶδη μὲ κίτρινον χρῶμα καὶ ἀσαφεῖς ὀπτικὰς ιδιότητας.

Ὅρυκτά, βάσει μικροανάλυσεως, προσδιωρίσθησαν ὡς ἐξλεγονδίτης (heawoodite) (Ni₃ S₂), ποὺ ἀπαντᾷ συνήθως εἰς σερπεντινωμένα πετρώματα καὶ μίλλερίτης (NiS). Οἱ ἀναλύσεις παρέχονται εἰς τὸν πίνακα ἀρ. 6 μαζί μὲ βιβλιογραφικὰ στοιχεῖα διὰ τὸν μίλλερίτην (Dana 1946, Wytenbogaardt 1971).

Π Ι Ν Α Κ 6.

Μικροανάλυσις θειούχων ὀρυκτῶν.

	1	2	3	4
S	26.7021	27.4038	32.1613	35.33
Ni	73.0916	71.8585	66.7899	64.67
Fe	0.0387	0.1268	0.3772	—
Σύνολον	99.8334	99.3891	99.3284	10.000

1, 2.— Ἐξλεγονδίτης, Ni₃ S₂. Πιέρια, δειγμ. Π₂, σ. τ. ἀρ. 5319.

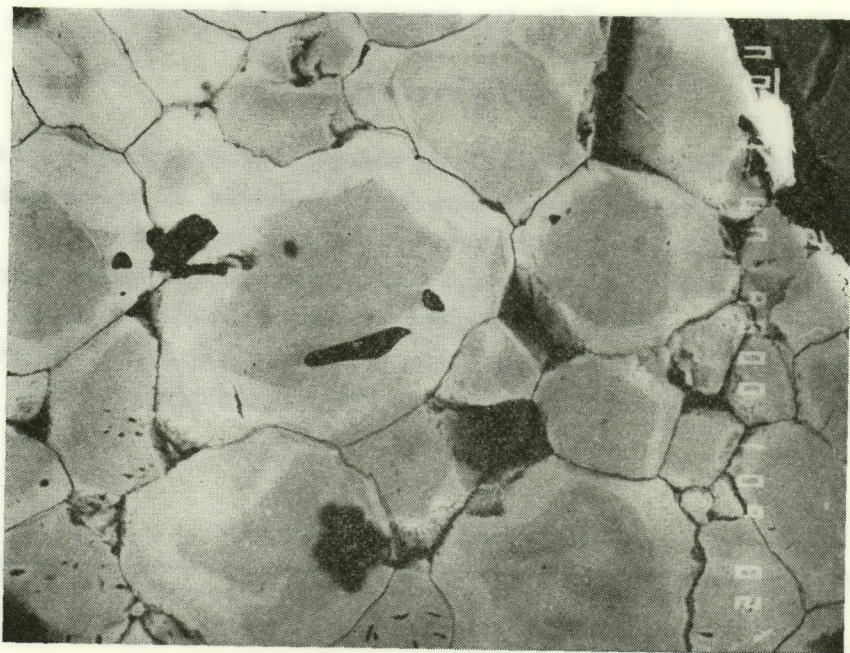
3.— Μίλλερίτης NiS » » » » 5319.

4.— Μίλλερίτης (Dana 1946).

Ἡ παρουσία νικελιούχων θειούχων ὀρυκτῶν ἐσημειώθη ἀπὸ ἐτῶν καὶ εἰς τοὺς σερπεντινιωθέντας περιδοτίας τῆς Κεντρικῆς Ἑλλάδος (Ὁρθρονος, Τσαγκλί) καὶ ἀλλαχοῦ. Ἐπὶ τοῦ θέματος αὐτοῦ ὀλίγα γνωρίζομεν.

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΕΙΣ

1. Οἱ δι' ἡλεκτρονικῆς μικροαναλύσεως προσδιορισμοὶ τῆς χημικῆς συστάσεως τῶν ὀλιβινῶν καὶ τῶν πυροξένων σχεδὸν ταυτίζονται μὲ τὸν ὀπτικὸν καὶ



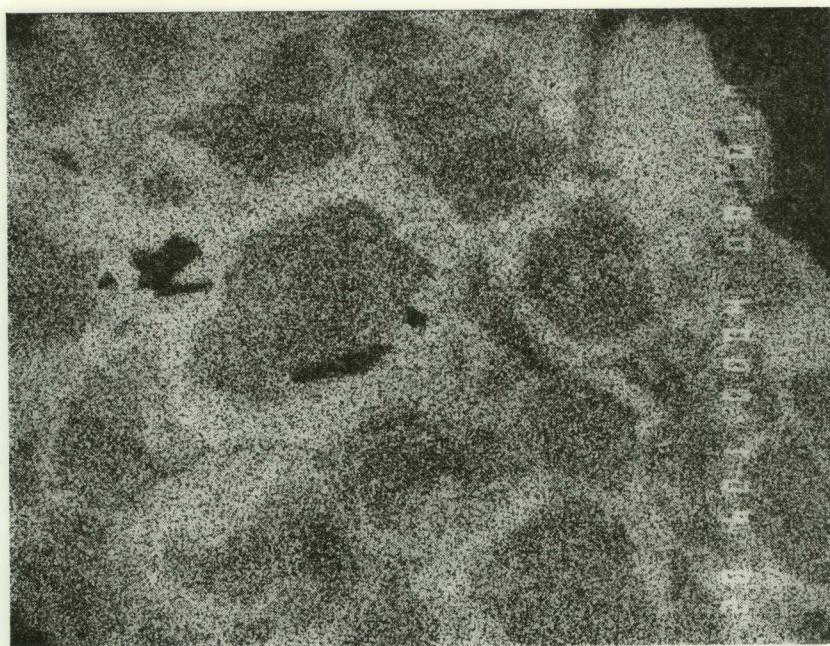
Εἰκ. 4. Χρωμιούχος μαγνητίτης. Τοπογραφικὴ ἀπεικόνισις συσσωματωμάτων (Comp), 600 X Δεῖγμ. ἀριθ. Π₁ . σ. τ. 5318.

ἄκτινογραφικὸν προσδιορισμὸν τῶν ἰδίων δειγμάτων (Μαρίνος, Σπαθῆ, 1981). Τοιοῦτοτρόπως, ὁ ὀλιβίνης Πιερίων μικροαναλυτικῶς εὐρέθη Fo 0.955 - 0.965, ὀπτικῶς ὡς χρυσόλιθος ἕως ἀμιγῆς φορστερίτης καὶ ἄκτινογραφικῶς φορστερίτης FoMol 97.9311 %. Ὁ ὀλιβίνης Κύπρου μικροαναλυτικῶς σιδηροῦχος φορστερίτης Fo 0.898 - 0.915 (Πίναξ 1) ὀπτικῶς ὑαλοσιδηρίτης ἕως χρυσόλιθος καὶ ἄκτινογραφικῶς μεσο - ἄνω χρυσόλιθος μὲ Fo Mol 80 - 88 %.

Ἡ ὡς ἄνω εἰκὼν παρουσιάζει μὲν τὸν ὀλιβίνην Κύπρου περισσότερον σιδηροῦχον ἔναντι τοῦ ὀλιβίνου τῶν Πιερίων, ἀλλὰ τῆς γνωστῆς στάθμης ἄλλων σιδη-

ρούχων φορστεριτών της Ελλάδος, όπως των όλιβινων Όρθρουος και Βουρίνου (Μαρίνος, Μαράτος 1957). Η προηγουμένως (1981) σημειωθείσα διαφορά πλάτους περιοχής γωνίας οπτικών αξόνων 2Vx, μεταξύ όλιβινων Κύπρου και Ελλάδος, δέν ανιχνεύεται από πλευράς χημισμού (Μαρίνος, Σπαθῆ 1981).

Οί πυρόξενοι τών υπερθασικών της Κύπρου προσδιωρίσθησαν οπτικῶς ὡς έντατίτης καί διοψίδιος (Μαρίνος, Σπαθῆ 1981). Εἰς τὸ ἴδιον ἀκριβῶς ἀποτελέ-



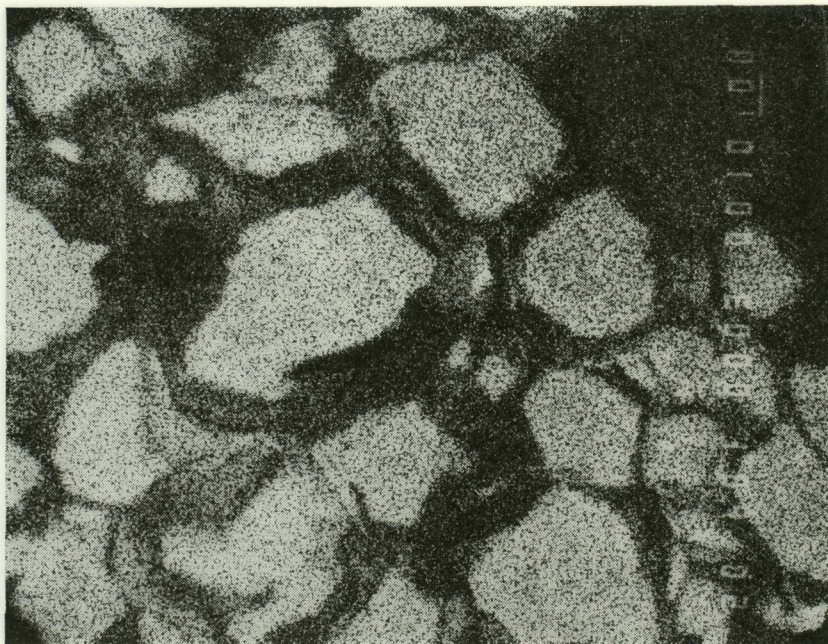
Εἰκ. 5. Ἡ ἰδία τομή. Κατανομή Fe, εἰκόνα X-Ray. Σαφῆς ἐμπλουτισμὸς Fe εἰς τὴν περιφερειακὴν ζώνην τῶν κρυστάλλων.

σμα κατέληξε καί ἡ μικροανάλυσις εἰς τὸ ἴδιον δεῖγμα καί τὴν ἰδίαν τομήν, με ἐπὶ πλέον προσθέτους πληροφορίας περὶ τῆς χημικῆς συστάσεως, δηλαδὴ ένστατίτης καί μαγνησιοχρωμιούχος διοψίδιος (Πίναξ 2).

Εἰς τὸν χρωμίτην Πιερίων ἡ μικροανάλυσις ἐβεβαίωσε τὴν γνωστὴν ὑψηλὴν περιεκτικότητα τοῦ μεταλλεύματος εἰς σίδηρον (περίπου Cr_2O_3 38 - 42 % καί FeO 20 - 22) ἀλλά, προσέτι, τὴν κατανομήν, κατὰ ποιότητα, έντός, τοῦ κρυσταλλικοῦ κόκκου καί τὴν συνύπαρξιν χρωμιούχου αἱματίτου ἐπὶ πλέον τοῦ νικελιούχου χρωμιομαγνητίτου (Πίναξ 5).

Εἰς τὸν χρωμίτην Κοκκινόροτσου Κύπρου οἱ μικροαναλύσεις ἐπεβεβαίωσαν τὴν γνωστὴν σύστασιν των, ὅπου ὑπερισχύει ὁ ἀργιλιохρωμίτης (Πανταζῆς 1981) ἀλλὰ ἔδειξαν ἐπὶ πλέον τὴν συνύπαρξιν χρωμιούχου μαγνητίτου, μετὰ ἢ ἄνευ νικελίου καὶ ἀργιλιωμαγνητίτου (Εἰκ. 2, Πίν. 3 - 4).

2. Ἡ συνύπαρξις ἀργιλιοσπινελίου μετὰ ὀλιβίνου καὶ ἀσβεστούχου πυροξένου διοψιδίου — ἐν ἀντιθέσει πρὸς τὴν ἀπουσίαν ἀργιλικοῦ βρονζίτου — συνη-



Εἰκ. 6. Ἡ προηγουμένη τομή. Κατανομή Cr, εἰκόνα X-Ray.
Σαφὴς κατανομή τοῦ Cr εἰς τὸ κεντρικὸ τμήμα τῶν κρυστάλλων.

γορεῖ περὶ τῆς μαγματικῆς προελεύσεως τοῦ πετρώματος καὶ περὶ τοῦ πλάτους τῶν ὀρυκτολογικῶν φάσεων ἀπὸ πλευρᾶς ποιότητος τῶν χρωμιτῶν, ἐνδεικτικῶν προφανοῦς ἀλληλουχίας ἀνακρυσταλλώσεων, ὑποκαταστάσεων καὶ ἀναμορφώσεων τῶν κρυσταλλικῶν δομῶν.

3. Λόγω τῆς γεωτεκτονικῆς των θέσεως οἱ χρωμίται Κύπρου καὶ Ἑλλάδος φέρονται ὥς χρωμίται ἀλπικοῦ τύπου. Οἱ μελετηθέντες, ὅμως, χρωμίται ἐξέρχονται τῆς περιοχῆς τῶν ἀλπικῶν χρωμιτῶν, ὅπως σημειώνεται εἰς τὸ πλαισίον $\text{Cr/Cr} + \text{Al}$ καὶ $\text{Mg/Mg} + \text{Fe}^2$ κατὰ Irvin καὶ Rothstein (Εἰκ. 3). Τὸ γεγονός

αὐτὸ συνηγορεῖ περὶ τῆς ἀνάγκης ἐπανεξετάσεως τοῦ θέματος εἰς εὐρύτεραν κλίμακα.

4. Εἰς τοὺς ἐξετασθέντας ὀλιβίνας ἐκ τῶν ὀλιβινιτῶν τῆς Κύπρου, δὲν φαίνονται ταινίαι πολυδυμίας δυναμικῆς παραμορφώσεως συνεπεία πιέσεων ἐξ ἀνακρυσταλλώσεων ἢ ἐξ ἄλλης αἰτίας. Τὸ ἴδιον διεπίστωσε ἐπὶ ἄλλης περιπτώσεως εἰς τὴν Κύπρον ὁ Challis (1967), ἀλλὰ ἡ γενικωτέρα, ἐπὶ τοῦ προκειμένου, ἐρμηνεία τοῦ ἐρευνητοῦ αὐτοῦ, δηλαδή, ὅτι ἀποκλείεται ἡ δυναμικὴ πολυδυμία εἰς τὰ κατ' ἐξοχὴν ὀλιβινικά πετρώματα, ὅπως ὁ δουνίτης καὶ ὁ χαρτσβουργίτης, δὲν ἐνισχύεται ἐκ τῶν δεδομένων τῆς ἰδικῆς μας περιπτώσεως.

5. Ἡ ἱστολογικὴ δομὴ τοῦ ὀλιβινίτου τῆς Κύπρου διατηρεῖται ἀδιατάρακτος, εἰς τὰ ἐξετασθέντα δείγματα. Δὲν ἐσημειώθησαν ἀξιόλογοι τεκτονικῆς προελεύσεως μικρομυλονιτώσεις, ὅπως τὸ ἴδιον συμβαίνει καὶ εἰς τὴν μάζαν τοῦ ὀλιβινίτου τοῦ Βουρίνου Μακεδονίας (Μαρίνος, Μαράτος 1957). Τοῦτο ἀποτελεῖ ἔνδειξιν σχετικῆς ἡρεμίας κατὰ τὴν γεωλογικὴν ἱστορίαν τῶν μαζῶν αὐτῶν. Ἀντιθέτως, εἰς τὸν ὀλιβινίτην τῶν Πιερίων, καὶ ἄλλων περιοχῶν τῆς Ἑλλάδος, ἡ κατάκλασις, μυλονιτώσις καὶ αἱ ἀνακρυσταλλώσεις καθίστανται ἐμφανεῖς ὑπὸ τὸ μικροσκόπιον, πέραν τῶν κανονικῶν ὀρυκτολογικῶν ἀναμορφώσεων κατὰ τὴν πορείαν τῆς φυσιολογικῆς διαπλάσεως τοῦ ὑπερβασικοῦ ἐκκριγενεοῦς περιδοτίτου. Ἐπὶ τοῦ τελευταίου αὐτοῦ θέματος ὑφίσταται μέγα κενὸν γνώσεων, δοθέντος ὅτι θεωρητικῶς ἡ ἰσορροπία φάσεων εἰς χαμηλὴν θερμοκρασίαν δι' ἓνα ὕδατωμένον ὑπερβασικὸν σύστημα $MgO-SiO_2-H_2O$ ἀκόμη δὲν κατέστη ἀντιληπτή. Παρὰ ταῦτα δυνάμεθα νὰ σημειώσωμεν, ὅτι ὁ σχετικῶς πλούσιος εἰς σίδηρον φορστερίτης τοῦ Τροόδους Κύπρου ἐντάσσεται εἰς τὰς περιπτώσεις σχηματισμοῦ τῆς φάσεως αὐτῆς ἐντὸς ὑπερβασικοῦ περιβάλλοντος — $Mg/Mg+Fe$ ἀτομικὸς λόγος 0,9 — ὑπὸ χαμηλὴν θερμοκρασίαν περιβάλλοντος (Shoji - Takahiro, 1981).

S U M M A R Y

By the method of electron probe microanalysis, the chemical composition of peridotites (olivines) and its paragenesis, consisting of pyroxene and spinel, of the ultramafic magmatic rocks, in Cyprus (Troodos) and Greece (Pieria) is studied.

Exactly, the same samples have been previously studied by the optical and X-Ray method and the data received coincide with only difference that the microprobe method procures more detailed information about chemical composition.

The peridotites (olivines) from Kokinorotsos (Troodos) is indentified, by microanalysis, as forsterite containing more iron as against the olivine of Pierea area, but nearly equivalent to the olivines of other greek olivinites.

The pyroxenes of Cyprus are identified as enstatite and chromian magnesian - diopside.

The chromite of Pierea shows grains of different chemical composition which varies even in the grain itself, such as aluminian chromite, ferrian chromite, chromian spinel nickeliferous or not, chromian magnetite and chromian hematite, from which derives the known high content in iron of the Pierea area chromite ore.

In the chromite of Cyprus there is, in addition to aluminian chromite, also chromian magnetite containing or not nickel, and aluminian magnetite.

The sulfide minerals, millerite (NiS) and heazlewoodite (Ni_3S_2) have been found in the serpentized peridotite of Pierea area.

The study of the results of the mineralogical paragenesis and of the dynamic magmatic textural deformation (mylonitization, twinning and others) allows as to make comparisons between the above and other general as well as greek cases.

Therefore, judging from the above cases in Greece and Cyprus, we believe that the limits which are indicated until today, for the chromite area of the Alpine geological area ought to be reexamined as regards as the ratio of $\text{Cr}/\text{Cr} + \text{Al}$ and $\text{Mg}/\text{Mg} + \text{Fe}^{+2}$.

It seems possible that the formation of olivine of Cyprus took place in magmatic surrounding of a rather low temperature though we must not ignore the fact that the phase equilibrium of hydrous magmatic system $\text{MgO}-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$ is not yet well understood.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Dana's, System of Mineralogy, V1, 7th Edition, London, 1946.
 W. A. Deer - R. A. Howie - J. Zussman, Rock-Forming Minerals, 5, 1, 2, 5. Longmans, London, 1967.
 C. S. Hutchison, Laboratory Handbook of Petrographic Techniques, N. Y., London, 1974.

- Γ. Μαρῖνος καὶ Αἰκ. Σπαθῆ, Παρατηρήσεις καὶ συγκρίσεις ἐπὶ τῶν Ὀλιβινῶν Ἑλλάδος καὶ Κύπρου καὶ ἐνδεικτικαὶ συσχετίσεις πρὸς τὴν Γεωτεκτονικὴν. Πρακτ. Ἀκ. Ἀθηνῶν **56**, Ἀθῆναι, 1981. 123 - 131.
- Μ. Οἰκονόμου, Αἱ ἐμφανίσεις μαγνητίτου ἐντὸς ἐλληνικῶν ὑπερβασικῶν πετρωμάτων καὶ ἡ γένεσις αὐτῶν. Διδασκ. διατριβή, Ἀθῆναι, 1979.
- Α. Πανάγος, Συγκριτικαὶ παρατηρήσεις ἐπὶ τοῦ χημισμού τῶν Ἑλληνικῶν χρωμιμιτῶν. An. Geol. des P. Helleniques, Ἀθῆναι, 1967.
- W. Uytendogaardt and E. A. J. Burke, Tables for Microscopic Identification of Ores Minerals. Elsevier, Amsterdam, London, N. Y., 1971.
- K. F. Chuboda, Über die plastische Verformung von olivin. Neues Jahrb. Min., **81**, 183. 1950.
- R. E. Stevens, Compositions of some chromites of the western hemisphere. Am. Mineral., **29**, 1 - 34. 1944.
- A. T. V. Rothstein, Spinel from the Darwas Peridotite, Connemara, Ireland. Miner. Magazine, **38**, 597 - 60. 1972.
- T. P. Thayer, Magmatic ore deposits. Econ. Geol. Monogr. 4. 1969.
- T. N. Irvin, Canad. Journ. Earth Sci., **4**, 71. 1967.
- G. A. Challis, X-ray study of deformation lamellae in olivines of ultramafic rocks. Mineral - Magazine, London, **36**, no 278, 195 - 203. 1967.
- I. G. Wiss, Ultramafic pillow - lava from Cyprus. Geol. Magazine, **95**, 241, 1958.
- Th. M. Pantazis, Chromite mineralization associated in peridotite from Ochiai-Hokubo ultramafic complex - Western Japan. Am. Rep. Geosci. Univ. Tukuba, no 7, 70 - 93. 1981.
-