

**ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΚΑΙ ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΛΛΕΥΜΑΤΟΣ ΑΜΜΩΝ
ΠΑΡΑΚΤΙΑΣ ΖΩΝΗΣ ΝΕΑΣ ΠΕΡΑΜΟΥ - ΛΟΥΤΡΩΝ ΕΛΕΥΘΕΡΩΝ Ν. ΚΑΒΑΛΑΣ***
Φ. ΠΕΡΓΑΜΑΛΗΣ¹, Δ.Ε. ΚΑΡΑΓΕΩΡΓΙΟΥ¹, Α. ΚΟΥΚΟΥΛΗΣ¹, Ι. ΚΑΤΣΙΚΗΣ¹

ΣΥΝΟΨΗ

Στη σημερινή παράκτια ζώνη Νέας Περάμου - Λουτρών Ελευθερών Ν Καβάλας, καταγράφηκαν πολύ υψηλές επιφανειακές περιεκτικότητες ουρανίου, με μέση τιμή 22 και μέγιστη 92 ppm. Υπεύθυνο ορυκτό των περιεχομένων του ουρανίου είναι ο εμπλουτισμένος σε UO_2 και σπάνιες γαίες αλλανίτης. Αρχικά δείγματα μεταλλεύματος άμμων αποτελούν ένα φυσικώς λειοτριβημένο πολυμεταλλικό μέταλλευμα τιτανίου, σπανίων γαιών, θορίου, ουρανίου, χρυσού και άλλων μετάλλων υψηλών τεχνολογικών εφαρμογών.

ABSTRACT

This study concerns the U-Th ore deposits containing also Ti and R.E.E., located at the area between Nea Peramos and Loutra Eleftheron, of the Kavala prefecture, North Greece, in the contemporaneous littoral zone.

From this littoral zone of 25 Km. total length and 50 m. average width, were collected 142 samples of shoreside surficial sand and 128 specimens from depths up to 2 meters.

In the contemporaneous littoral zone very high surficial levels of Uranium were found, (with an average value of 22 ppm U and a highest value of 92 ppm U), as a result of today's and mainly older sea wave-action, at the lower parts of the sandy shoreside formations, and with the highest expected enrichment in the bedrock cavities.

Initial samples of U enriched sands (up to 50 ppm) are considered to be a naturally graded multimetal ore of Ti, U-Th, R.E.E., Au and other metals for high-value technological applications. The concentrations of the above metals are higher of those known to other similar ores (2.5%, 50-1600 ppm, 11.000 ppm and 250 mg/m³ respectively) and can be multiplied with a light water-metallurgical processes.

In the present shoreside zone, lower layers of sands formed out with the processus of natural grate action, are mainly the medium grain sands and secondarily the fine grain variety. These natural enrichments due to sea wave-action, form selective concentrations of U and R.E.E. enriched allanite, which are responsible for the content in metals of high-value technological applications. On the contrary, the coexisting minerals of titanite, zircon, apatite, and epidote, as well as the iron minerals, do not much contribute in the increment of this content.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: ουράνιο, σπάνιες γαίες, χρυσός, αλλανίτης, Ορυκτολογία, ζώνη Νέας Περάμου - Λουτρών Ελευθερών, Β. Ελλάς

KEY WORDS: uranium, R.E.E., gold, allanite, Mineralogy, New Peramos - Loytra Eleftheron area, N. Greece

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ύπαρξη ραδιενέργειας στους άμμους της παράκτιας περιοχής Λουτρά Ελευθερών Ν. Καβάλας, απεδόθη στον αλλανίτη και αρχικά θεωρήθηκε χωρίς ενδιαφέρον για τη μεταλλευτική βιομηχανία ουρανίου (Hertz, 1957). Η Ε.Ε.Α.Ε./ (Περγάμαλης, 1970) εντόπισε υψηλές περιεκτικότητες σπανίων γαιών σε δείγματα άμμων, ενώ αργότερα έγινε ορυκτολογική ανάλυση των μαύρων άμμων της παραπάνω περιοχής (Papadakis, 1975).

Το 1988 εντοπίστηκαν ισχυρές ανωμαλίες λανθανίου και ζιρκονίου στην υποθαλάσσια περιοχή Ν. Περάμου - Λ. Ελευθερών (Perissoratis and al. 1988) και το 1991 γίνεται η αντίστοιχη χαρτογράφηση των ραδιομετρικών ανωμαλιών (Αθανασοπούλου 1991).

Από το ΙΓΜΕ εντοπίζονται κατά τη χρονική περίοδο 1996-2000 αυξημένες περιεκτικότητες τιτανίου, σπανίων γαιών, θορίου, ουρανίου και χρυσού, στην παράκτιο ζώνη Ν. Περάμου - Λ. Ελευθερών (Περγάμαλης κ. άλ., 2000).

* MINERALOGICAL AND CHEMICAL COMPOSITION OF SAND ORE DEPOSITS IN THE SEASHORE ZONE N. PERAMOS - L. ELEFATHERON (N. GREECE).

1. Γεωλόγοι ΙΓΜΕ Μεσογείων 70 Αθήνα.

ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΑ ΜΕΤΑΛΛΕΥΜΑΤΟΣ ΑΜΜΩΝ

Ο αμμώδης σχηματισμός της παράκτιας ζώνης Νέας Περάμου – Λουτρά Ελευθερών αποτελείται από κρυστάλλους ή θραύσματα κρυστάλλων και από τεμαχίδια πετρωμάτων με διακυμάνσεις ως προς την κοκκομετρία και τη σύσταση του σχηματισμού.

- αδρόκοκκος και λεπτόκοκκος άμμος, εμπλουτίζεται σε διαφανή και αδιαφανή ορυκτά, κυρίως Fe – Ti – σύχα και αλλανίτη.
- τα τεμαχίδια πετρωμάτων υπερτερούν στο αδρόκοκκο υλικό, (περίπου 60% λιθοκλάστες), ενώ στο λεπτόκοκκο λιθοκλάστες και κρυσταλλοκλάστες παρατηρούνται στην ίδια περίπου αναλογία.
- στο αδρόκοκκο υλικό η διάμετρος των συστατικών κυμαίνεται από 0,1 ως 1mm, ενώ στο λεπτόκοκκο από 0,05 ως 0,5mm.
- τα σχήματα των κόκκων ποικίλουν πολύ από γωνιώδη ως εντελώς αποστρογγυλωμένα.

Η ορυκτολογική σύσταση των άμμων είναι:

1. **Χαλαζίτις** (41%), με κυματοειδή κατάσβεση ή ανακρυστάλλωση (έντονη τεκτονική καταπόνηση).
2. **Καλιούχο αστρίο** (11,36%), ορθόκλαστο και μικροκλινής
3. **Αλβίτης** (2,04%) .
4. **Πλαγιόκλαστα** (12,70%). Από τη χημική σύσταση πρόκειται για όξινο πλαγιόκλαστο (ολιγόκλαστο). Σποραδικά συναντάται ένα περισσότερο βασικό πλαγιόκλαστο στα όρια ολιγόκλαστου και ανδεδίνη. Παρουσιάζουν μικρές ως ελάχιστες εξαλλοιώσεις σε σερικίτη.
5. **Αμφίβολοι** (1,92%), κερροσίλβη και νατριούχος αμφίβολος, συναντώνται ως μεμονωμένοι κρύσταλλοι με αποστρογγυλωμένο σχήμα και εγκλείουν μικρά ορυκτά ζιρκονίου και τιτανίου.
6. **Επίδοτο** (1,81%), σε μικρά γωνιώδη θραύσματα και σε τεμαχίδια πετρωμάτων. Ιδιαίτερη σημασία για τη συγκέντρωση και τον εμπλουτισμό σπανίων γαιών (Σ.Γ.), U και Th, παρουσιάζουν ζωνώδεις κρύσταλλοι περιφερειακά με επίδοτο και κεντρικά με αλλανίτη, εμπλουτισμένο στα παραπάνω στοιχεία.
7. **Αλλανίτης** (2,4%). Υπό μορφή μεμονωμένων κρυστάλλων και συχνά σε τεμαχίδια πετρωμάτων. Τα δείγματα μεταλλεύματος των άμμων παρουσιάζουν ισχυρό εμπλουτισμό σε αλλανίτη και μεταξύ των υπευθύνων ορυκτών για τις πολυμεταλλικές συγκεντρώσεις, οι αλλανίτες συμβάλλουν με το μεγαλύτερο ποσοστό στα περιεχόμενα των Σ.Γ., U, Th, Y κλπ. Για το λόγο αυτό έγιναν 14 αναλύσεις αλλανιτών στο αυτόματο ηλεκτρονικό μικροαναλυτή (Geol 733 super probe) της Διεύθυνσης Ορυκτολογίας Πετρογραφίας του Ι.Γ.Μ.Ε. Για τρία αναλυθέντα οξειδία των Σ.Γ. La_2O_3 , Ce_2O_3 , Nd_2O_3 , παρατηρούνται συνολικές περιεκτικότητες από 10,3 έως 15%, έναντι 0,008% του αρχικού δείγματος μεταλλεύματος άμμων. Οι αναλογίες $\text{Ce}_2\text{O}_3/\text{La}_2\text{O}_3$ κυμαίνονται σημαντικά από 1,42 έως 2,27, ενώ στα δείγματα μεταλλεύματος παρουσιάζουν μικρή διακύμανση από 1,86 έως 1,94. Παρομοίως οι λόγοι Σ.Γ./ Y_2O_3 στην εν λόγω ορυκτή φάση αποκλίνουν από 3,0 έως 5,2 έναντι 43,9 έως 46,7 στα αρχικά δείγματα. Οι παραπάνω παρατηρήσεις συνάγονται από:

- Ένα ισχυρό εμπλουτισμό των ελαφρών Σ.Γ. στους αλλανίτες, σε σχέση με τα αρχικά δείγματα (1400 έως 2150 φορές)
- Μία ισχυρή κλασμάτωση στην ομάδα των ελαφρών Σ.Γ. (σημαντικές διακυμάνσεις λόγων $\text{Ce}_2\text{O}_3/\text{La}_2\text{O}_3$)
- Ένα αξιόλογο εμπλουτισμό των αλλανιτών σε ύτριο (10 φορές, σε σχέση με το αρχικό δείγμα).

Οι περιεκτικότητες σε ουράνιο και χαλκό των αναλυθέντων αλλανιτών παρακτίου μεταλλεύματος άμμων, κυμαίνονται από 0,9 έως 2,3% και από 0,2 έως 2,8% αντίστοιχα, ενώ οι λόγοι ThO_2/UO_2 χαρακτηρίζονται από πολύ μικρές τιμές (0,7-2,0).

Συνεπώς είναι σαφές ένας έντονος εμπλουτισμός σε UO_2 των αλλανιτών 50 φορές περίπου σε σχέση με τη διεθνή βιβλιογραφία (Page1, 1981) και 29.000 φορές σε σχέση με το αρχικό δείγμα μεταλλεύματος των άμμων.

Επίσης ισχυρός είναι ο εμπλουτισμός σε CuO των αλλανιτών.

Η αρνητική συσχέτιση μεταξύ $\text{CaO} + \text{ThO}_2$, $\text{CaO} + \text{UO}_2$ και Σ.Γ. δίνει συντελεστές συσχέτισης -0,91 και -0,92, με μία πιθανότητα πολύ μεγαλύτερη από 99%.

Οι παραπάνω παρατηρήσεις οδηγούν σε δύο αμφίδρομες εξισώσεις υποκατάστασης οι οποίες λαμβάνουν χώρα σε αποσταθεροποιημένες ζώνες της ορυκτής φάσης των αλλανιτών (metamictite), με τμήματα εμπλουτισμένα σε U – Th και τμήματα εμπλουτισμένα σε Σ.Γ., καθώς και σε ζωνώδεις κρυστάλλους επίδοτου, με κέντρα αλλανιτών πλούσια σε Σ.Γ. ή UO_2 :

1. $2\text{Σ.Γ.}^{3+} \leftrightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{Th}^{4+}$
2. $2\text{Σ.Γ.}^{3+} \leftrightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{U}^{4+}$

8. **Γρανάτες** (1,46%). Στην σύσταση των γρανατών επικρατεί ο ανδρανδίτης, παρά ο αλμανδίνης.
9. **Ανθρακικά ορυκτά** (2,45%). Εμφανίζονται με τη μορφή μεμονωμένων κρυστάλλων. Το 80% των ανθρακικών ορυκτών είναι ασβεστίτης, και το υπόλοιπο 20% είναι δολομίτης ή μαγνησιομειγής ασβεστίτης. Εξαιρετικά σπάνια συναντάται σιδηρίτης ή αγκερίτης ενώ ένα μέρος των ανθρακικών ορυκτών οφείλεται στην παρουσία μικροαπολιθωμάτων.
10. **Μοσχοβίτης** (0,99), **βιοτίτης** (0,41) και **χλωρίτης** (0,47) προερχόμενο από εξαλλοίωση του βιοτίτη.
11. **Τιτανιούχα ορυκτά** (0,99%), τιτανίτης, ρουτίλιο, ιλμενίτης και τιτανομαγνητίτης, καθώς και μικροκρυσταλλικό ρουτίλιο. Από ποιοτικές μικροαναλύσεις προκύπτει ότι τιτανίτης και ρουτίλιο περιέχουν μικρό ποσοστό σπανίων γαιών, τανταλίου, και νιοβίου. Οι άμμοι παρουσιάζουν ισχυρό εμπλουτισμό τιτανιούχων φάσεων σε σχέση με όλα τα γνωστά πετρώματα.
12. **Γκαϊίτης** (11,65%). περιέχει σε μικρές ποσότητες κρυπτοκρυσταλλικό SiO_2 στο πλέγμα,
13. **Μαγνητίτης** (7,05%). είναι πρωτογενής φάση που εξαλλοιώνεται δευτερογενώς, πλήρως ή μερικώς. (μεικτοί κρύσταλλοι με πυρήνα από μαγνητίτη και περιφέρεια γκαϊίτη). Από μικροαναλύσεις προκύπτουν δύο ξεχωριστές κατηγορίες μαγνητίτη, καθαρός και τιτανομαγνητίτης που περιέχει από 3,95 ως 8,50% TiO_2 . Οι άμμοι παρουσιάζουν ισχυρό εμπλουτισμό σε μαγνητίτη-γκαϊίτη ως κρυσταλλοκλάστες και ως συστατικά λιθοκλαστών.

Σπάνια σε ποσοστό 1,5% περίπου απαντώνται τα εξής ορυκτά:

Απατίτης, μαρκασίτης, ιλμενίτης, ζιρκόνιο, χρυσός, βαρύτης και ουρανιίτης.

Από αυτά το ζιρκόνιο μερικές φορές βρίσκεται σε αποσταθεροποιημένη κατάσταση και περιέχει UO_2 σε ποσοστό 0,74 έως 1%.

Από την ορυκτολογική εξέταση των άμμων προκύπτει ότι προέρχονται από διαφοροποιημένο γρανιτικό πέτρωμα. Προς αυτή την κατεύθυνση συνηγορεί και το είδος των αστρίων, καλιούχοι άστριοι και πλαγιόκλαστα. Τα συστατικά αυτής της “γρανιτοειδούς” τροφοδοσίας έχουν υποστεί κατά την αποσάθρωση και το στάδιο μεταφοράς, ισχυρό εμπλουτισμό σε Fe - Ti - ούχα ορυκτά, μαγνητίτη, τιτανομαγνητίτη και τιτανίτη καθώς και σε αλλανίτη. Η παρουσία τεμαχιδίων επιδότου και νατριούχου αμφιβόλου δείχνουν ότι σε μικρό ποσοστό συμμετέχουν και άλλα πετρώματα, ως πηγή τροφοδοσίας μάλλον μεταμορφωμένα. Τέλος η παρουσία ανθρακικών απολιθωμάτων δείχνει ότι, στην τροφοδοσία συμμετέχουν και θαλάσσιες αποθέσεις, σε πολύ μικρό ποσοστό.

Οι διαφοροποιήσεις στην κοκκομετρία και την ορυκτολογική σύσταση του σχηματισμού, μοιάζουν να οφείλονται είτε σε ενδιάμεση διαλογή κατά το στάδιο της μεταφοράς είτε σε παροδικές μεταβολές των συνθηκών ιζηματογένεσης στην περιοχή της απόθεσης είτε σε συνδυασμό των δύο. Επίσης τα σχήματα των μεμονωμένων κόκκων και των τεμαχιδίων πετρωμάτων, δείχνουν επίσης ότι το εύρος της απόστασης και του χρόνου μεταφοράς είναι μεγάλο.

ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΛΛΕΥΜΑΤΟΣ ΑΜΜΩΝ

Η επιλογή δειγμάτων για τον προσδιορισμό της σύστασης των άμμων έγινε με μεταλλευτικά και όχι γεωχημικά κριτήρια. Από αντιπροσωπευτική θέση της παράκτιας ζώνης Ν.Περάμου - Λ. Ελευθερών, η οποία παρουσιάζει επιφανειακά υψηλή ακτινοβολία γ, ελήφθη δείγμα μεγάλου βάρους 2tn από εκσκαφή βάθους έως 2m.

Στη θέση δειγματοληψίας, οι συγκεντρώσεις άμμων διαφορίζονται σε λεπτό, μέσο και χονδρόκοκκους άμμους, με μέσες τιμές ακτινοβολίας γ από 1000 έως 2000c/s, και μέγιστα που φθάνουν έως και 4000c/s SPP2. Το πάχος τους κυμαίνεται από 1,5 έως 2m με μία τάση αυξήσεως έως 1,5m και ελαττώσεως στη συνέχεια για βάθη κάτω των 2m.

ΚΥΡΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Οι χημικές αναλύσεις κυρίων στοιχείων έγιναν στο χημείο του ΙΓΜΕ στη Ξάνθη, Π.Μ.Α.Μ.Θ.(Γ. Γρηγοριάδης), αφορούν 2 αντιπροσωπευτικά δείγματα από την τροφή της παραπάνω δειγματοληψίας, 2 εμπλουτισμένα με ελαφρές υδρομεταλλουργικές εργασίες και 2 απορρίμματα με ελαφρά και μαγνητικά ορυκτά ΔΤΕΜ/ΙΓΜΕ (Γ. Καλατζής και Π. Χαράλαμπίδης).

Το επί τοις εκατό (%) των αναλυθέντων κυρίων στοιχείων και ιχνοστοιχείων δείχνει ένα αξιόλογο έλλειμμα κυρίως στα εμπλουτισμένα δείγματα από 4% έως 6%, που θα πρέπει να αναζητηθεί, μεταξύ των άλλων στα ιχνοστοιχεία, Ta, Lu, Nb, Pb, V, Cu καθώς και στο CO_2 .

Στα δείγματα μεταλλεύματος των άμμων παρατηρούνται αξιόλογες περιεκτικότητες σε TiO_2 2,5%, FeO_T

20% και CaO 5% και χαμηλές σε SiO₂, K₂O, και P₂O₅, πρόκειται δηλαδή για “τιτανιούχο μαγνητική άμμο” ελαφρώς εμπλουτισμένη σε ασβέστιο,

Οι μηδενικές περιεκτικότητες Cr σε συνδυασμό με την αφθονία Fe-Ti, δείχνουν ότι:

1. η μεταλλογενετική επαρχία από την οποία προέρχονται οι άμμοι είναι Ti, V, Mn, Fe, Cu και όχι Ni, Co, Cr.
2. τα πετρώματα από τα οποία προέρχονται οι άμμοι είναι από ένα γρανιτικό τύπο προχωρημένης διαφοροποίησης φτωχό σε Cr.

Τα ελαφρώς εμπλουτισμένα δείγματα πολλαπλασιάζουν τις περιεκτικότητές τους σε CaO και TiO₂ και μειώνονται σε SiO₂, K₂O, και Na₂O, (εμπλουτισμός ασβεστο-τιτανιούχων ορυκτών).

Οι λόγοι FeO / FeO_T είναι χαμηλοί και φανερώουν ότι:

- τα δείγματα μεταλλεύματος των άμμων είναι ισχυρά οξειδωμένα.
- περισσότερο οξειδωμένες αναδεικνύονται οι συγκεντρώσεις επουσιωδών ορυκτών στα εμπλουτισμένα δείγματα κάτι που έχει ιδιαίτερη σημασία για τη δυνατότητα ανάκτησης του μεγαλύτερου ποσοστού του ουρανίου, πλέον του 80%.
- μικρότερη οξείδωση παρουσιάζουν τα απορρίμματα των μαγνητικών και ελαφρών ορυκτών.

Η απώλεια πύρωσης διπλασιάζεται στα ελαφρώς εμπλουτισμένα δείγματα σε σχέση με τα αρχικά δείγματα, κάτι που έχει σχέση με το βαθμό εξαλλοίωσης και την αποσταθεροποιημένη κατάσταση των αλλανιτών (metamictic), γεγονός με ιδιαίτερη σημασία για την ανάκτηση του ουρανίου.

ΙΧΝΟΣΤΟΙΧΕΙΑ Th, Nb, Y, Zr, ΚΑΙ U.

Οι αναλύσεις Th, Nb, Y, Zr, U, Hf και Σ.Γ., των δειγμάτων της προηγούμενης παραγράφου έγιναν στο ΙΤΜ της Ρώμης, από την ΔΤΕΜ/ΙΓΜΕ (Γ. Καλατζής, Π. Χαραλαμπίδης), στα πλαίσια της συνεργασίας με το παρών έργο. Από τις περιεκτικότητες των ιχνοστοιχείων φαίνεται ότι:

- Τα δείγματα μεταλλεύματος των άμμων παράκτιας ζώνης Ν. Περάμου – Α. Ελευθερών, είναι πλούσια σε Th και εμπλουτισμένα σε U, Nb και Y, πρόκειται δηλ. για “θοριούχο – τιτανιούχο μέταλλευμα”. Οι περιεκτικότητες Nb, Y και U εξελίσσονται σχεδόν ομοιόμορφα, σε αντίθεση με αυτές του Th, Hf και Zr.
- Τα εμπλουτισμένα δείγματα πολλαπλασιάζουν σχεδόν κάθετα τις περιεκτικότητες σε U, Nb, Y και με ένα ξεχωριστό τρόπο αυτές σε Th, Zr και Hf.
- Στα μαγνητικά ορυκτά οι περιεκτικότητες των παραπάνω ιχνοστοιχείων παρουσιάζουν ομοιόμορφα ένα αξιόλογο έλλειμμα εκτός από το Zr που δεν έχει συμπεριφορά ιχνοστοιχείου όπως το Th, Nb, Y, και U, αφού οι άμμοι περιέχουν ορυκτά ζιρκονίου.

Οι λόγοι Th/U είναι γενικώς υψηλοί από 34 έως 12 και ελαττώνονται από τα δείγματα μεταλλεύματος των άμμων και τα μαγνητικά ορυκτά στα εμπλουτισμένα δείγματα, όπου ο λόγος Th/U παρουσιάζει τη χαμηλότερη τιμή (12), η οποία πάντως παραμένει πολύ υψηλή για φυσικούς σχηματισμούς. Αντίστοιχοι λόγοι γρανιτικών πετρωμάτων της Ροδοπικής μάζας κυμαίνονται με μέσους λόγους από 4,6 έως 6,9 (Κουκουλίσ, 1982). Η διακύμανση των υψηλών λόγων Th/U φανερώνει διαφορετικό έλεγχο υπευθύνων ορυκτών U-Th στα διάφορα δείγματα. Ειδικά στα εμπλουτισμένα δείγματα μία συγκέντρωση τέτοιων ορυκτών, με χαμηλούς λόγους Th/U, (περίπου στο 1), προστιθέμενη στους αντίστοιχους λόγους του αρχικού δείγματος σε αναλογία (1-x) δίνει τους λόγους Th/U των εμπλουτισμένων δειγμάτων, ήτοι:

$$(1-x) \cdot 24 + x \cdot 1 = 12 \quad \text{όπου } x = 52\%$$

Κατά συνέπεια το αρχικό δείγμα συμβάλλει κατά 48% στα περιεχόμενα U – Th και κατά 52% μία συγκέντρωση επουσιωδών ορυκτών U – Th με χαμηλό λόγο Th/U = 1 όπως ο εμπλουτισμένος σε UO₂ αλλανίτης, για να προκύψουν οι λόγοι Th/U των εμπλουτισμένων δειγμάτων.

ΧΡΥΣΟΣ

Ο εντοπισμός ψηγμάτων χρυσού σε δείγματα μεταλλεύματος των άμμων παράκτιας ζώνης Ν. Περάμου – Α. Ελευθερών (Περγάμαλης κ.ά., 2000), έγινε από τη ΔΤΕΜ/ΙΓΜΕ, (Γ. Καλατζής, Π. Χαραλαμπίδης), στα πλαίσια συνεργασίας. Από τρεις απομακρυσμένες θέσεις κατά μήκος 12 Km της παράκτιας ζώνης Ν. Περάμου – Α. Ελευθερών, οι οποίες παρουσιάζουν επιφανειακά υψηλή ακτινοβολία γ, ελήφθησαν δείγματα συνολικού βάρους 5 tn από εκσκαφές βάθους έως 2 m.

Μετά από υδρομεταλλουργικές εργασίες ημιβιομηχανικής κλίμακας, από τα τρία δείγματα ανακτήθηκαν

6, 15.8 και 29.2 mg χρυσού, που αντιστοιχούν σε 4, 14 και 39 mg/tn ΔΤΕΜ/ΙΓΜΕ (Γ. Καλατζής, Π. Χαραλαμπίδης). Οι περιεκτικότητες αυτές προσλαμβάνουν μεγαλύτερη σημασία εάν ληφθεί υπ' όψη ότι οι απώλειες στον προσδιορισμό του μετάλλου δεν πρέπει να είναι αμελητέες και ότι στην παράκτια ζώνη η δειγματοληψία δεν κατέστη δυνατό να γίνει σε φυσικές παγίδες, στις κοιλότητες του υποβάθρου (Routier, 1963). Εξ άλλου, νεότερες εργασίες εντοπισμού και εκτίμησης των περιεκτικοτήτων χρυσού με έλεγχο και προσδιορισμό μέρους των απωλειών δίνει 250 mg/tn ΔΤΕΜ/ΙΓΜΕ (Π. Χαραλαμπίδης).

ΣΠΑΝΙΕΣ ΓΑΙΕΣ

Από τις πολύ υψηλές περιεκτικότητες σε Σ.Γ. (8.000ppm) το 93,5% περίπου περιέχεται στις ελαφρές Σ.Γ., παρατηρείται δηλ. ένας εμπλουτισμός ελαφρών Σ.Γ. 14,3 φορές, σε σχέση με τις βαριές Σ.Γ.. Αυτό οφείλεται στον εμπλουτισμό των άμμων με ορυκτά πλούσια σε ελαφρές Σ.Γ., όπως ο αλλανίτης που παρουσιάζει εμπλουτισμούς ελαφρών Σ.Γ. σε σχέση με το μέταλλο άμμων (1400 έως 2150 φορές).

Τις μεγαλύτερες περιεκτικότητες έχουν κατά σειρά το Ce, La, Nd και Pr, σε αναλογίες που είναι εντός των ορίων διάθεσης συμπυκνωμάτων στη διεθνή αγορά. Επομένως τα αντιπροσωπευτικά δείγματα μεταλλεύματος των άμμων αποτελούν ένα φυσικώς λειοτριβημένο μέταλλο σπανίων γαιών, όμοιο με το συμπύκνωμα Ce-La-Nd-Pr, που διατίθεται στην αγορά και έχει υψηλότερη τιμή έναντι των άλλων συμπυκνωμάτων.

Οι περιεκτικότητες Σ.Γ. στα μεταλλεύματα άμμων εμφανίζουν θετική σχέση με Ca, Ti και τα ιχνοστοιχεία Th, Nb, Y, U, γεγονός που σημαίνει όμοια γεωχημική συμπεριφορά των παραπάνω ιχνοστοιχείων και σύνδεση με επουσιώδη ορυκτά Ca-Ti.

Τα δείγματα με τα μαγνητικά και ελαφρά ορυκτά παρουσιάζουν μικρές περιεκτικότητες σε Σ.Γ., κάτι που σημαίνει ότι, οι Σ.Γ. δεν συνδέονται με τα μαγνητικά μαύρα ορυκτά.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει και η εξέλιξη Σ.Γ., TiO_2 , FeO_T από την οποία φαίνεται ότι: οι Σ.Γ. αυξάνονται με την αύξηση του TiO_2 , που στα εμπλουτισμένα δείγματα παίρνει τις μεγαλύτερες του τιμές 6,5%.

Στην κανονικοποιημένη κατανομή των Σ.Γ., σε σχέση με τους χονδρίτες, το προφίλ των δειγμάτων μεταλλεύματος των άμμων συγκρινόμενο με αυτό γρανιτών, ιζημάτων, βασαλτών και άλλων πετρωμάτων πρωτολίθων, από τη διεθνή βιβλιογραφία, δείχνει :

- α) την αφθονία των Σ.Γ. στα δείγματα μεταλλεύματος άμμου
- β) την ισχυρή κλασμάτωση των Σ.Γ. με εμπλουτισμό 14,3 φορές των ελαφρών σε σχέση με τις βαριές Σ.Γ.
- γ) τη σημαντική ανωμαλία Eu.

Υψηλές περιεκτικότητες Σ.Γ. κυρίως σε ελαφρές και ισχυρή κλασμάτωση, είναι χαρακτηριστικά μιας καταγωγής των άμμων από ένα διαφοροποιημένο γρανιτικό πέτρωμα, που είναι εμπλουτισμένο σε ορυκτά όπως ο αλλανίτης, ο οποίος παρουσιάζει ισχυρό εμπλουτισμό ελαφρών Σ.Γ. σε σχέση με το αρχικό δείγμα, ισχυρή κλασμάτωση στο εσωτερικό των ελαφρών Σ.Γ. (σημαντικές διακυμάνσεις λόγω Ce_2O_3/La_2O_3), καθώς επίσης και σημαντική αρνητική ανωμαλία Eu, σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία. Μέτρια αρνητική ανωμαλία παρουσιάζει ο τιτανίτης και ασθενή ο απατίτης, ενώ τα πλαγιόκλαστα και οι καλιούχοι άστριοι παρουσιάζουν θετική ανωμαλία Eu (Fourcade and Allegre, 1981).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- AΘΑΝΑΣΟΠΟΥΛΟΥ, Β. (1991) Η φυσική ραδιενέργεια των θαλασσιών ιζημάτων του πυθμένα της περιοχής Ιερισσού - Καβάλας (Βόρειο Αιγαίο). Μεταπτυχιακό Επαγγελματικό Ενδεικτικό Ωκεανογραφίας σελ. 92. Παν. Αθηνών Αθήνα.
- FOURCADE, S., ALLEGRE, C. (1981) Trace elements Behavior in granite genesis: A case study in calc-alkaline Plutonic association from the Querigut complex (Pyrenies, France). Contribution to Mineralogy and Petrology 76, p.p.177-195. France.
- HERTZ, G. (1957) Prospection de l' uranium et du thorium en Macedoine orientale et en Thrace. Mission GED. Francaise en Gruce.
- KOUKOULIS, A., (1982) Les granitoides du massif de Vronoud - Serres (Grice), Typologie et ivolution magmatique Mineralogie et Geochimie de l' uranium et du thorium. These 3^{em} Cycle, Nancy (France), 179p.
- PAGEL, M., (1981) Fracteurs de distribution et de concentration de l' uranium et du thorium dans quelques granites de la chaîne Hercynienne d Europe. Thuse d' Etat, Nancy (France) 530p.
- PAPADAKIS, A. (1975) The black sands of Loytra Eleftheron near Kavala. Greece. Sci. Annals Fac. Phys. And Mathem. Univ. 17 pp. 331-390 Θεσσαλονίκη.
- ΠΕΡΓΑΜΑΛΗΣ, Φ., ΚΑΡΑΓΕΩΡΓΙΟΥ, Δ.Ε., ΚΟΥΚΟΥΛΗΣ, Α., (2000) Η σημασία εντοπισμού μετάλλων

υψηλών τεχνολογικών εφαρμογών στην οικονομική ανάπτυξη της χώρας. Πρακτικά Ορυκτού πλούτου, τόμος Α σελ. 97-106.

PERISSORATIS, C., MOORBY, S.A., ANGELOPOYLOS, I., CRONAN, P.S., PAPAVALASSILOU, C., KONISPOLIATIS, N., SAKELLARIADOU, F., MITROPOYLOS, D., (1988) Mineral Concentrations in the Recent Sediments Off eastern Macedonia Northern Greece: Geological and Geochemical considerations Min. Dep. Eur. Com. Pp. 530-552.

ROUTIER, P. (1963) Les gisements métallifères, Geologie et principes de recherche, Masson et Cie, Paris.