

FRAMBOIDS ΣΙΔΗΡΟΠΥΡΙΤΗ ΣΤΟ ΚΟΙΤΑΣΜΑ ΛΙΓΝΙΤΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΠΛΑΚΙΑ-ΛΕΥΚΟΓΕΙΩΝ ΡΕΘΥΜΝΟΥ ΚΡΗΤΗΣ

N. K. Κούκουζας* και Σ. Β. Σκουνάκης**

Σ Υ Ν Ο Ψ Η

Κατά την μικροσκοπική εξέταση σιλιπνών τομών από το κοιτάσμα λιγνίτη της λεκάνης Πλακιά-Λευκογείων Ρεθύμνου Κρήτης, διαπιστώθηκε η παρουσία, σε σημαντικό ποσοστό, θειούχων ορυκτών του σιδήρου. Από τα ορυκτά αυτά επικρατεί ο σιδηροπυρίτης ο οποίος εμφανίζεται με τις μορφές frambooids, ιδιόμορφων κρυστάλλων και συμπαγής. Ο μαρκασίτης συναντάται σε περιορισμένη έκταση και σποραδικά. Οι μορφές frambooids, ιδιόμορφων κρυστάλλων προηγούνται στην απόθεση από τον συμπαγή σιδηροπυρίτη. Ο σχηματισμός των θειούχων ορυκτών οφείλεται είτε σε βακτηριακή αναγωγή που είναι και η επικρατέστερη είτε σε καθαρά χημική καθίζηση και γίνεται με την διαδικασία της αντικατάστασης οργανικού υλικού ή της πλήρωσης σε περιβάλλον αλκαλικό που ευνοεί την απόθεση του σιδηροπυρίτη. Η διαδικασία αυτή συνδέεται με την εκλεκτική σχέση των μορφών του σιδηροπυρίτη με την φύση του οργανικού υλικού των λιγνιτών. Με την διαδικασία της βακτηριακής αναγωγής και/ή με την διαδικασία της χημικής καθίζησης, σχηματίζονται τα frambooids και οι ιδιόμορφοι κρυστάλλοι ενώ με την διαδικασία της πλήρωσης και αντικατάστασης ο συμπαγής σιδηροπυρίτης. Ο σίδηρος μεταφέρεται προσροφημένος στα αργιλικά ορυκτά και για τον λόγο αυτό ευνοείται η απόθεση των σουλφιδίων σε ζώνες λιγνιτικών στρωμάτων πλούσιες στα ορυκτά αυτά.

A B S T R A C T

Sulfide minerals in coal seams of the Plakia-Levokogia area, Grete, are studied. Pyrite occurs as frambooids, as euhedral pyrite crystals and in massive form. Marcasite occurs in minor amounts and only occasionally. The first stage of sulfide mineralization appears to be the formation of frambooidal pyrite and euhedral pyrite crystal followed by the formation of massive pyrite. The precipitation of pyrite, frambooids and euhedral pyrite crystals, is due to the bacterial activity and/or to chemical processes. Massive pyrite is observed as fillings or replacement forms of the organic material. The presence of clay minerals and the nature of the organic material, affect the sulfide preferential precipitation in some places.

Ε Ι Σ Α Γ Γ Η

Στην περιοχή Πλακιά-Λευκογείων της νότιας Κρήτης συναντάται αξιόλογη

* Φειδίου 2, Μαρούσι 151 26 Αθήνα

** Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας, 157 84 Αθήνα

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

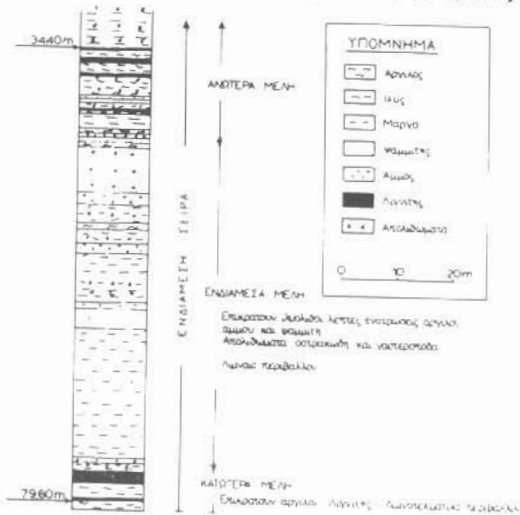
εμφάνιση λιγνιτικών στρωμάτων μεσομειοκαινικής ηλικίας. Το κοίτασμα αυτό μολονότι περιορισμένης έκτασης, έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την αντιμετώπιση του ενεργειακού προβλήματος της Κρήτης. Όπως είναι γνωστό υπάρχουν δυσκολίες αντιμετώπισης του προβλήματος αυτού από το διασυνδεδεμένο σύστημα της ηπειρωτικής Ελλάδας και για αυτό μελετήθηκε η δυνατότητα αντιμετώπισής του από μικρές λιγνιτικές μονάδες.

Η έρευνα του κοιτάσματος έγινε από το ΙΓΜΕ και προσδιορίστηκαν αποθέματα που ξεπερνούν το 1×10^6 τόννους. Από την έρευνα αυτή διαπιστώθηκε επίσης αυξημένη συμμετοχή του θείου που φθάνει 4,8%. Μία σημαντική ποσότητα του θείου αυτού οφείλεται στον σιδηροपुरίτη που συναντάται στα λιγνιτικά στρώματα.

Η μελέτη των συνθηκών γένεσης του σιδηροपुरίτη και των μορφών με τις οποίες εμφανίζεται παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον γιατί υπάρχει άμεση σύνδεση αυτών με το περιβάλλον και την πορεία της λιγνιτογένεσης.

ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ-ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ

Τα χαμηλότερα τμήματα της περιοχής Πλακιάς-Λευκογειών συνίστανται από ιζηματα μεσομειοκαινικής ηλικίας τα οποία επίκεινται ασύμφωνα του υποβάθρου, λόγω ρηγματογόνου τεκτονισμού (ANGELIER 1976, ΚΟΥΚΟΥΖΑΣ 1987). Ο λιγνίτης βρίσκεται στην ενδιάμεση σειρά των μεσομειοκαινικών στρωμάτων τα οποία συνίστανται από ιλυόλιθο και λεπτές ενστρώσεις αργίλων, άμμων και ψαμμιτών. Διακρίνονται δύο ομάδες λιγνιτοφόρων ορίζοντων οι οποίες βρίσκονται αντίστοιχα στο ανώτερο τμήμα της σειράς (Εικ. 1). Το μέγιστο πάχος της ανώτερης ομάδας είναι 1m περίπου ενώ της



Εικ. 1. Στρωματογραφική στήλη της περιοχής Πλακιά-Λευκογειών
Fig. 1. Stratigraphic column of Plakia-Levkogia area

κατώτερης 6,8m.

Η δειγματοληψία για τη μελέτη των θειούχων ορυκτών έγινε σε δείγματα από διάφορες θέσεις και των δύο λιγνιτοφόρων ομάδων του κοιτάσματος. Ο προσδιορισμός των ορυκτών και των μορφών με τις οποίες εμφανίζονται έγινε σε στιλπνές τομές στο μεταλλογραφικό μικροσκόπιο. Παράλληλα πραγματοποιήθηκε εξέταση για τον προσδιορισμό των ορυκτών του άνθρακα και ακτινογραφική έρευνα για τον προσδιορισμό των αργιλικών ορυκτών των λιγνιτοφόρων στιβάδων.

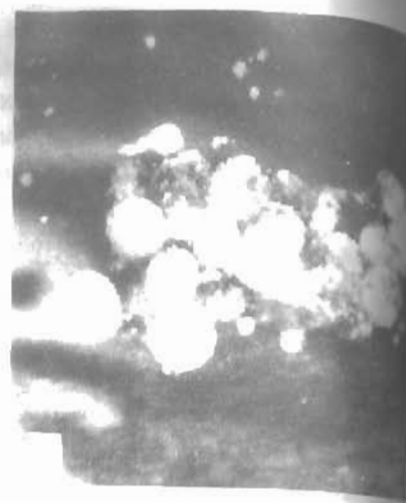
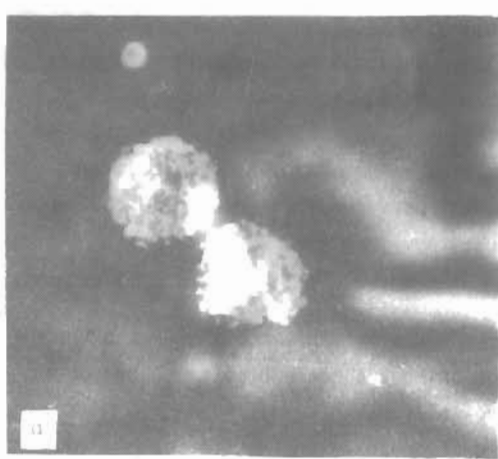
ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Κατά την μικροσκοπική εξέταση των στιλπνών τομών διαπιστώθηκε η παρουσία των θειούχων ορυκτών σιδηροपुरίτη που επικρατεί και μαρκασίτη, ο οποίος εμφανίζεται σποραδικά και σε ορισμένες μόνο τομές.

Ο σιδηροपुरίτης εμφανίζεται με τις μορφές framboids, ιδιομόρφων κρυστάλλων και συμπαγής. Τα framboids αποτελούν την περισσότερο διαδεδομένη μορφή εμφάνισης του σιδηροपुरίτη και συναντώνται είτε μεμονωμένα είτε σε συσσωματώσεις (Εικ. 2 α,β). Πρόκειται για σφαιρικούς σχηματισμούς διαμέτρου 5-1000μm οι οποίοι συνίστανται από ιδιομόρφους έως υπιδιομόρφους κρυστάλλους σιδηροपुरίτη, με ένδειξη συμμετρίας εξαέδρων. Η κατανομή των framboids είναι είτε τυχαία είτε σε ορισμένες προσανατολισμένες κατευθύνσεις που αντιστοιχούν στην στρώση των λιγνιτικών στρωμάτων (Εικ. 2γ). Σε καμιά περίπτωση δεν διαπιστώθηκε η παρουσία των μορφών αυτών σε ρωγμές ή άλλες δευτερογενείς ασυνέχειες του λιγνίτη.

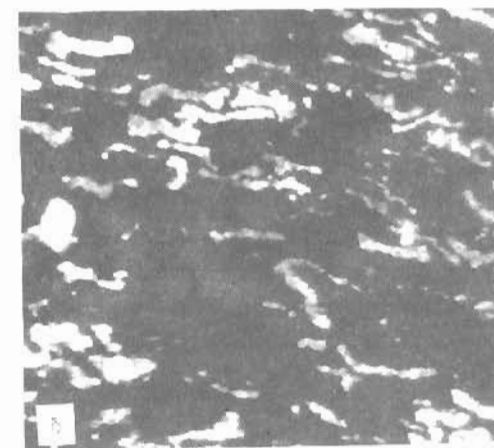
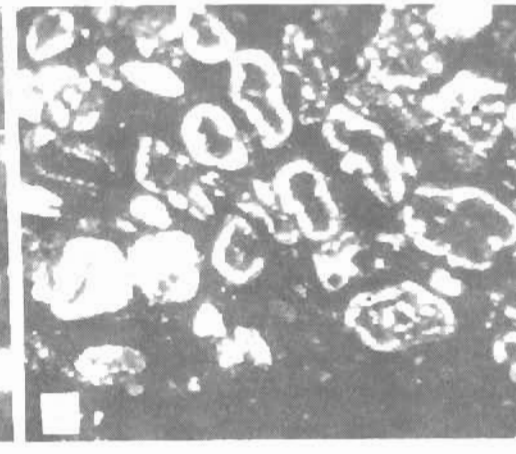
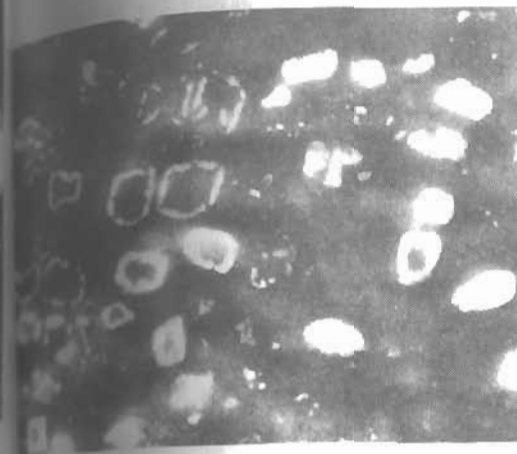
Οι ιδιομόρφοι κρύσταλλοι του σιδηροपुरίτη συναντώνται είτε υπό την μορφή συσσωματώσεων είτε μεμονωμένοι. Εμφανίζονται σαν προϊόντα αντικατάστασης φυτικού υλικού. Είναι συνηθισμένη η ανάπτυξη των σε ορισμένες κατευθύνσεις που υποδηλώνουν αντιστοιχία με την στρώση του λιγνίτη. Το μέγεθος των κρυστάλλων ποικίλει και η συνηθισμένη γεωμετρία που εμφανίζουν είναι αυτή των εξαέδρων, ρομβικών δωδεκαέδρων και οκταέδρων.

Ο συμπαγής σιδηροपुरίτης εμφανίζεται υπό την μορφή πλήρωσης ή αντικατάστασης φυτικών υλικών ή πλήρωσης ρωγμών των λιγνιτικών στρωμάτων (Εικ. 2δ). Στην περίπτωση της αντικατάστασης δημιουργούνται δακτυλοειδείς μορφές στις οποίες ο σιδηροपुरίτης αναπτύσσεται στην περιφέρεια, ενώ το κεντρικό τμήμα καταλαμβάνεται από το υπόλοιπο του φυτικού υλικού (Εικ. 3α,β). Σε ορισμένες περιπτώσεις η αντικατάσταση είναι πλήρης και η μορφή του σιδηροपुरίτη ανταποκρίνεται στο αρχικό φυτικό υλικό. Από την επικράτηση των δακτυλοειδών μορφών συμπεραίνεται ότι τα εξωτερικά ξυλώδη τμήματα ή οι επιδερμίδες των φυτικών υλικών, λόγω του μεγαλύτερου πορώδους των, είναι ιδιαίτερα επιδεικτικά στα φαινόμενα αντικατάστασης (Εικ. 3γ). Στην περίπτωση της πλήρωσης ρωγμών των λιγνιτικών στρωμάτων ο συμπαγής σιδηροपुरίτης εμφανίζεται υπό την μορφή φλεβιδίων. Επίσης συμπαγής σιδηροपुरίτης



Εικ. 2. α. Μεμονωμένα framboids σιδηροπυρίτη. Λάδι X 700
 β. Συσσωματώματα από framboids σιδηροπυρίτη. Λάδι X 600
 γ. Προσανατολισμένα συσσωματώματα framboids σιδηροπυρίτη. Λάδι X 700
 δ. Απόθεση συμπαγούς σιδηροπυρίτη σε ρωγμές. Λάδι X 100

Εικ. 2. α. Frambooids of pyrite, reflected light, ppL, oil X 700
 b. Cluster of pyrite framboids, reflected light, ppL, oil X 600
 c. Cluster of pyrite framboids along stratification band, reflected light, ppL, oil X 700
 d. Massive pyrite filling cleat, reflected light, ppL, oil X 100



Εικ. 3. α. Δακτυλοειδείς μορφές αντικατάστασης φυτικού υλικού από σιδηροπυρίτη Λάδι X 300

β. Οι ίδιες μορφές X 600

γ. Αντικατάσταση φυτικού υλικού (φουσινίτης) από σιδηροπυρίτη X 120

δ. Νηματοιειδείς μορφές συμπαγούς σιδηροπυρίτη. Λάδι X 600

Fig. 3. a. Ring forms from pyrite replacement of cellular structures, reflected light, ppL, oil X 300

b. The same forms, reflected light, ppL X 600

c. Pyrite cell filling in fusinite, reflected light, ppL X 120

d. Massive pyrite in irregular form, reflected light, ppL, oil X 600

ρίτης εμφανίζεται υπό την μορφή λεπτών ακανόνιστων νηματιδίων (Εικ. 38). Πρόκειται για σχηματισμό που προκύπτει από την πλήρωση των διακένων μεταξύ των φυτικών υλικών.

Ο μαρκασίτης συναντάται σε περιορισμένη έκταση σε σχέση με τον σιδηροπυρίτη. Εμφανίζεται συνήθως υπό την μορφή κόκκων με ακτινωτή πολυκρυσταλλική δομή. Άλλη μορφή με την οποία εμφανίζεται είναι οι μεμονωμένοι κόκκοι ή μεγαλύτερες συγκεντρώσεις συνιστάμενες από συνδεδεμένους κρυστάλλους. Σε πολύ σπάνιες περιπτώσεις λεπτοί επιμήκεις κρύσταλλοι μαρκασίτη περιβάλλουν κόκκους σιδηροπυρίτη.

Κατά την μικροσκοπική εξέταση διαπιστώθηκε η διατήρηση των μορφών *framboids*, ενώ δεν διαπιστώθηκαν ανακρυσταλλώσεις και άλλες μετατροπές του σιδηροπυρίτη. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα φαινόμενα της διαγένεσης δεν ήταν έντονα για να επηρεάσουν τους σχηματισμούς αυτούς. Άλλωστε η χαμηλή θερμοκρασία και το πλαστικό περιβάλλον της λιγνιτογένεσης δεν ευνοούν τέτοια φαινόμενα.

Οι παραπάνω αναφερθείσες μορφές του σιδηροπυρίτη καθώς και ο μαρκασίτης όπως διαπιστώθηκε κατά την μικροσκοπική εξέταση, εμφανίζουν μια ευδιάκριτη προτίμηση των θέσεων σχηματισμού των. Για τις μορφές *framboids* οι εξινίτες αποτελούν την πρώτη επιλογή, ενώ σε περιορισμένη έκταση συναντώνται και σε βιτρινίτες. Ο συμπαγής σιδηροπυρίτης συναντάται σχεδόν αποκλειστικά σε βιτρινίτες και φουσινίτες-ημιφουσινίτες. Τα υλικά αυτά έχουν αξιοσημείωτο πορώδες γεγονός που ευνοεί τα φαινόμενα πλήρωσης και αντικατάστασης. Ο μαρκασίτης δείχνει προτίμηση σε στρώματα εξινίτη. Μια άλλη σημαντική παρατήρηση είναι η παρουσία των σουλφιδίων σε ζώνες πλούσιες σε αργιλικά ορυκτά. Στην προκειμένη περίπτωση προσδιορίστηκαν τα ορυκτά καολινίτης, ιλλίτης, χλωρίτης και μικτές άργιλοι. Επίσης προσδιορίστηκαν τα ορυκτά χαλαζίας, πλαγιόκλαστα μαρμαρυγίας και ασβεσίτης, ενώ δεν διαπιστώθηκε η παρουσία του μοντμοριλονίτη γεγονός που υποδηλώνει την επικράτηση αλκαλικού περιβάλλοντος κατά την λιγνιτογένεση.

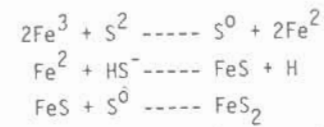
ΣΥΖΗΤΗΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο μηχανισμός σχηματισμού σουλφιδίων σε στρώματα ανθράκων ταξινομείται σε δύο βασικές ομάδες (ALTSCHULER et al., 1983).

α. Στην καθίζηση με την διαδικασία της βακτηριακής αναγωγής που είναι τυπική του συγγενετικού σταδίου. Τα σουλφίδια του σιδήρου με μορφή *framboidal* και ιδιόμορφη γεωμετρία δημιουργούνται με την αναγωγή θειικών ενώσεων από το ενδιάμεσα διαλύματα ή από μετατροπή οργανικού θείου με βακτηριακή δραστηριότητα.

β. Στον σχηματισμό σουλφιδίων με καθαρά χημική διαδικασία από καθίζηση υπέρκορων διαλυμάτων ή την επανακλινοποίηση προηγούμενα σχηματισθέντων σουλφιδίων.

Ο μηχανισμός αυτός σε αναγωγικά ιζηματογενή περιβάλλοντα εκφράζεται με τις αντιδράσεις:



θεωρείται ότι ο FeS αντιπροσωπεύεται από τον μακιναβίτη, ο οποίος σχηματίζεται σαν ενδιάμεση φάση (BERNER, 1970). Η φάση αυτή σε περιβάλλοντα τύρφης-ορυκτών ανθράκων είναι μεταβατική με τελικό προϊόν τον FeS₂ υπό την μορφή του σιδηροπυρίτη ή του μαρκασίτη. Ο σιδηροπυρίτης σχηματίζεται σε αλκαλικό περιβάλλον ενώ ο μαρκασίτης σε όξινο. Σε ενδιάμεσες τιμές pH σχηματίζονται και τα δύο ορυκτά (KULLERUD, 1977).

Από την εξέταση των θειούχων ορυκτών των λιγνιτικών στρωμάτων της περιοχής των Λευκογείων προκύπτουν οι παρακάτω διαπιστώσεις.

1. Ο σιδηροπυρίτης αποτελεί την επικρατούσα μορφή ενώ ο μαρκασίτης συναντάται σε πολύ περιορισμένη έκταση και κατά τρόπο συμπτωματικό σε ορισμένες τομές.

2. Οι μορφές *framboids* και ιδιόμορφων κρυστάλλων του σιδηροπυρίτη είναι προγενέστερες του συμπαγούς ενώ ο μαρκασίτης είναι το τελευταίο ορυκτό που σχηματίστηκε.

3. Η παρουσία των σουλφιδίων σε ζώνες πλούσιες σε αργιλικά υλικά.

4. Η εκλεκτική σύνδεση των μορφών του σιδηροπυρίτη με τα ορυκτά του άνθρακα.

Η σχεδόν ολοκληρωτική επικράτηση του σιδηροπυρίτη έναντι του μαρκασίτη δείχνει ότι το περιβάλλον, τουλάχιστον, κατά την διάρκεια απόθεσης του μεγαλύτερου μέρους των θειούχων ορυκτών ήταν αλκαλικό. Σ' αυτό συνηγείται και το γεγονός της απουσίας του μοντμοριλονίτη όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Εξ άλλου από την ευρύτερη στρωματογραφική εξέλιξη της περιοχής Λευκογείων για το Νεογενές επιβεβαιώνεται η επικοινωνία της λεκάνης λιγνιτογένεσης κατά ορισμένες περιόδους, με την θάλασσα, γεγονός που επιβεβαιώνει την επικράτηση αλκαλικού περιβάλλοντος.

Ο μαρκασίτης είναι αναμφίβολα μεταγενέστερος του σιδηροπυρίτη και ο σχηματισμός του οφείλεται σε αλλαγές του pH σε μικροπεριβάλλοντα. Οι συνθήκες όξινου pH οφείλονται στα χουμικά οξέα που δημιουργούνται στο στάδιο της ανθρακοποίησης του οργανικού υλικού, κατά το οποίο σημειώνονται τοπικά σημαντικές αλλαγές του pH. Ανάλογη άποψη για την δημιουργία του μαρκασίτη δέχονται οι QUEROX, et al., (1989) για τους λιθάνθρακες από την Maestrazgo Basin της ΝΑ Ισπανίας. Σύμφωνα με την άποψη αυτή ο σχηματισμός του μαρκασίτη γίνεται στο διαγενετικό στάδιο.

Από όσα αναφέρθηκαν παραπάνω σχετικά με τον μηχανισμό καθίζησης των σουλφιδίων, η χημική διαδικασία σχετίζεται άμεσα με το πορώδες των οργανικών υλικών των λιγνιτικών και τα διάκενα των οργανικών στρωμάτων. Σ' αυτό οφείλεται και η εκλεκτική σχέση συμπαγούς σιδηροπυρίτη με τα στρώματα φουσινιτών-ημιφου-

σινιτών, τα οποία από την φύση των εμφανίζουν αυξημένο πορώδες.

Ο σχηματισμός των framboïds είναι αποτέλεσμα της βακτηριακής δράσης, η οποία είναι υπεύθυνη για την παραγωγή του H_2S από την αναγωγή των θειικών ενώσεων των διαλυμάτων της λεκάνης. Η αντίδραση του παραγόμενου H_2S , σε κατάλληλες συνθήκες pH, με τον σίδηρο των ενδιάμεσων διαλυμάτων οδηγεί στη καθίζηση του σιδηροπυρίτη. Η καθίζηση γίνεται με τη μορφή μεμονωμένων ή αποικιών framboïds στις θέσεις της βακτηριακής δραστηριότητας λόγω των καταλλήλων συνθηκών του περιβάλλοντος (MASSAAD, M. 1974). Η εκλεκτική παρουσία των framboïds σε ζώνες αργιλικών ορυκτών των λιγνιτικών στρωμάτων, χωρίς καμία άλλη συσχέτιση με δομές των λιγνιτικών υλικών, συνηγορεί στην άποψη της βακτηριακής γένεσης.

Την άποψη αυτή έχουν δεχθεί και οι Boctor et al (1976) οι οποίοι θεωρούν ότι τα framboïds είναι αυθιγενή και δημιουργούνται κατά το βιοχημικό στάδιο της λιγνιτογένεσης. Η διαδικασία αυτή λαμβάνει χώρα κατά τη διάρκεια της απόθεσης της τύρφης.

Από την έρευνα που πραγματοποιήθηκε στον λιγνίτη των Λευκογείων διαπιστώνεται ότι η απόθεση των framboïds, προηγείται της απόθεσης του συμπαγούς σιδηροπυρίτη (Εικ. 4). Η άποψη αυτή είναι γενικά αποδεκτή και διαπιστώνεται και στις



Εικ. 4. Απόθεση συμπαγούς σιδηροπυρίτη υπό την μορφή συνδεδετικού υλικού των framboïds, λάδι X 700

Fig. 4. Massive pyrite cementing framboïds, reflected light, ppL, oil X 700.

σύγχρονες αποθέσεις τύρφης με θαλάσσια επίδραση, η οποία εξασφαλίζει σχετικά υψηλές τιμές pH (Casagrande et al. 1977). Ανάλογοι σχηματισμοί framboïds έχουν διαπιστωθεί και σε μολασσικά ιζήματα της περιοχής Έβρου (Μιχαηλίδης κ.λ.π. 1989).

Όσον αφορά στην προέλευση του σιδήρου φαίνεται ότι το σημαντικότερο μέρος του μεταφέρεται στη λεκάνη με τη μορφή προορυφωμένων οξειδίων στα αργιλικά ορυκτά. Αυτό συμφωνεί και με την προαναφερθείσα παρουσία των σουλφιδίων σε ζώνες αργιλικών ορυκτών. Η δυνατότητα προέλευσης του σιδήρου από ιοντικά διαλύματα ή από την αποσύνθεση των φυτικών υλικών, χωρίς να αποκλείεται, πρέπει να είναι περιορισμένης σημασίας (WIESE R.G. and FYSE W.S. 1986).

Ευχαριστ. Οι συγγραφείς ευχαριστούν τον Γεωλόγο του Ι.Γ.Μ.Ε. κ. Α. Παπασπύρου για τις στρωματογραφικές πληροφορίες.

B I B Λ Ι Ο Γ Ρ Α Φ Ι Α

- ALTSCHULER, Z. SCHNEPFE M., SILBER C. AND SIMON O., (1983). Sulfur diagenesis in Everglades peat and origin of pyrite in coal. *Science*, 221: 221-227.
- ANGELIER, J. (1976). Sur l'existence d'une neotectonique en compression dans l'arc egeen meridional (Crete, Karpathos) et ses consequences.-*Bull. soc. geol. t. XVIII n° 2 p. 373-381. France Paris.*
- BERNER R.A. (1970). Sedimentary pyrite formation *Ann. J. Sci.*, 268:1-23.
- BOCTOR, N.Z., KULLERUD, G. and SWEANY, J.L. (1976). Sulfide Minerals in Seelyville Coal III, Chinook Mine, Indiana. *Mineral. Deposita* 11, 249-266.
- CASAGRANDE, D.J., SIEFERT, K., BERSCHINSKY, Ch and SUTTON, N., (1977). Sulfur in peat forming systems of the Okefenokee Swamp and Florida Everglades. Origin of sulfur in coal. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 41:161-167.
- ΚΟΥΚΟΥΖΑΣ Ν. (1987). Λιγνιτικό κοίτασμα Λευκογείων Ρεθύμνου Κρήτης. Διπλωματική εργασία Εκδ. Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- KULLERUD, G., (1967). Sulfide studies in Researchs in Geochemistry, vol. II 286-321. John Wiley & Sons, Inc, New York.
- MASSAAD, M. (1974). Framboïdal pyrite in concentrations, *Min. Dep.*, 9, 87-89.
- MICHAILIDIS K. TRONTSIOS G. and SKLAVOUNOS S. (1980). The occurrence of framboïdal pyrite in the Onshore molassic sediments of the Evros Area, Thrace Country, N.E. GREECE. 2nd Hellenic-Bulgarian Symposium on the Geological and Physicogeographical problems of the Rhodope Massif.
- QUEROL, X., CHINCHON, S. and LOPEZ-SOLER, A. (1989). Iron sulfide precipitation sequence in Albian coals from the Maestrazgo Basin, southeastern Iberian Range northeastern Spain. *Intern. Journal of Coal Geology*, 11 (1989) 171-189, Els. Science Publ. B.V. Amsterdam.
- WIESE R.G. and FYSE W.S. (1986). Occurrences of iron sulfides in Ohion coals. *Intern. Journal of Coal Geology*, 6 (1986) 251-276, Elsev. Science Rubl. B.V. Amsterdam.