

Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΩΝ ΧΑΛΚΟΥΧΩΝ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΚΥΠΡΟΥ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΗΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ ΣΤΗΝ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΑ

Γ. Κωνσταντίνου

Δρ Γεωλόγος

Abstract

The cupriferous sulphide deposits of Cyprus during their geological evolution have undergone intensive oxidation, the product of which helped their early discovery and extensive exploitation. In the products of oxidation are included large quantities of hydrated sulphate salts of the metals iron, copper and zinc, which are the main constituents of the deposits. The great variety of the colours of these salts attracted the ancient miners and very early they noticed their healing and especially their antiseptic properties. Many ancient texts, inscriptions and archaeological evidence indicate that an active and sophisticated medical science was practiced in Cyprus from the beginning of the 5th century B.C. and continued for nine centuries. The establishment of surgery in the Greco-Roman Period increased the use of the mineral medicines of Cyprus and resulted in their export, particularly after the monumental work by Dioscourides, the founder of pharmacology. The island became the bigger centre of production and trading of mineral medicines. For the satisfaction of the demand, they practiced both hydrometallurgical and pyrometallurgical techniques.

Περίληψη

Κατά τη γεωλογική τους εξέλιξη, τα χαλκούχα κοιτάσματα της Κύπρου υπέστησαν έντονη οξειδωση, τα προϊόντα της οποίας βοήθησαν στη γρήγορη ανακάλυψη και εκτεταμένη εκμετάλλευση τους από τους αρχαίους. Στα προϊόντα της οξειδωσης περιλαμβάνονται επίσης μεγάλες ποσότητες ένυδρων θεικών αλάτων των μετάλλων σιδήρου, χαλκού και ψευδαργύρου. Τα έντονα χρώματα τους προσέλκυσαν τους αρχαίους, που γρήγορα διαπίστωσαν τις αντισηπτικές τους ιδιότητες, καθιστώντας την Κύπρο ως ένα από τα πρώτα κέντρα άσκησης θεραπευτικής ιατρικής στην αρχαιότητα. Πλήθος αρχαίων κειμένων, επιγραφών, αφιερώσεων και αρχαιολογικών ευρημάτων αποτελούν πειστικές μαρτυρίες για μια αξιόλογη ιατρική παράδοση στο νησί, που άρχισε στις αρχές του 5^{ου} αιώνα π.Χ. και διάρκεσε εννέα αιώνες. Με την καθιέρωση της χειρουργικής ιατρικής στους Ελληνο-Ρωμαϊκούς χρόνους, η χρήση των Κυπριακών ορυκτών φαρμάκων επεκτάθηκε και μετά τις έρευνες του Διοσκουρίδη, θεμελιωτή της φαρμακολογίας, το νησί έγινε το μεγαλύτερο κέντρο παραγωγής και εμπορίας ορυκτών φαρμάκων. Για τη κάλυψη της μεγάλης ζήτησης εφάρμοσαν πυρομεταλλουργικές και υδρομεταλλουργικές τεχνικές.

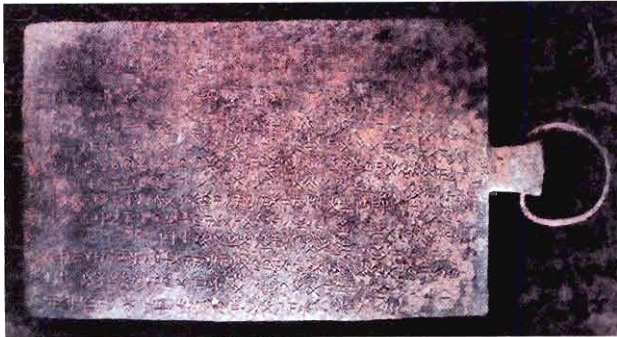
Εισαγωγή

Η Κύπρος κατά την αρχαιότητα ήταν για πολλούς αιώνες το μεγαλύτερο κέντρο παραγωγής και εμπορίας χαλκού και δίκαια έγινε συνώνυμη με το χαλκό. Η Κύπρος είναι ίσως, ένα από τα πρώτα κέντρα που οι άνθρωποι διαχώρισαν την ιατρική από τη θρησκεία και τη μαγεία και την έθεσαν πάνω σε επιστημονική βάση. Αυτό ίσως οφείλεται στη γρήγορη διαπίστωση ότι στη φύση υπάρχουν φυτικές, κυρίως όμως ορυκτές ύλες με θεραπευτικές ιδιότητες. Η γεωλογική εξέλιξη του νησιού την κατέστησε πολύ πλού-

σια σε ορυκτές κυρίως θεραπευτικές ύλες. Οι πιο πολλές από αυτές παράγονται από την έντονη οξειδωση των χαλκούχων κοιτασμάτων της Κύπρου λόγω των κλιματολογικών συνθηκών και των φυσικών και ορυκτολογικών ιδιοτήτων του μεταλλεύματός τους. Αποτελούνται κυρίως από προσμειξεις θειικών αλάτων των μετάλλων σιδήρου, χαλκού και σε μικρότερες ποσότητες ψευδαργύρου.

Είναι δύσκολο να εξακριβωθεί πότε έγινε η πρώτη διαπίστωση των θεραπευτικών ιδιοτήτων των μεταλλικών αλάτων. Η έντονη υπόγεια εκμετάλλευση των κοιτασμάτων από τις αρχές της δεύτερης χιλιετηρίδας π.χ. εμπεριέκλειε τον κίνδυνο εργατικών ατυχημάτων, ιδιαίτερα αν ληφθούν υπόψη οι εργασιακές συνθήκες που επικρατούσαν. Η ύπαρξη των μεταλλικών αλάτων στους τόπους των δυστυχημάτων ίσως να βοήθησε στο να τα δοκιμάσουν για να σταματήσουν αιμορραγίες σε πληγωμένους και διαπίστωσαν τις στυπτικές αλλά κυρίως τις αντισηπτικές τους ιδιότητες και συνέχισαν τη χρήση τους για πολλούς αιώνες.

Η πρώτη γραπτή μαρτυρία εξάσκησης επαγγελματικής ιατρικής δραστηριότητας στην αρχαία Κύπρο προέρχεται από την ορειχάλκινη πλάκα που βρέθηκε στο ιερό της Αθηνάς στο Ιδάλιο και βρίσκεται στην Εθνική Βιβλιοθήκη στο Παρίσι (Εικ. 1). Στην κυπροσυλλαβική γραφή (Masson, 1983) παρατίθεται η συμφωνία μεταξύ του ιατρού Ονάσιλου και του Βασιλέα του Ιδαλίου Στασίκυπρου και αναφέρονται οι τρόποι πληρωμής του για τη θεραπεία των πληγωμένων στρατιωτών κατά την πολιορκία του Ιδαλίου από τους Πέρσες και τους Κιτιείς το 479 π.Χ. Κατά πάσα πιθανότητα τα φάρμακα για τη θεραπεία ήταν μεταλλικά άλατα χαλκού, σιδήρου και ψευδαργύρου που αφθονούσαν στα γειτονικά μεταλλεία της περιοχής Μαθιάτη (Εικ. 2). Η αφθονία των μεταλλικών φαρμά-



Εικ. 1. Η Πινακίδα του Ιδαλίου. Συμφωνία στην Κυπροσυλλαβική γραφή μεταξύ του Βασιλιά του Ιδαλίου Στασίκυπρου και του ιατρού Ονάσιλου.



Εικ. 2. Οξειδωμένο κοίτασμα (gossan) με έντονα κόκκινα και κίτρινα χρώματα. Σε μικρό βάθος βρίσκεται το μη οξειδωμένο κοίτασμα καλυμμένο με λεπτό στρώμα ένυδρων θειικών αλάτων του σιδήρου με άσπρο χρώμα (Μεταλλείο Μαθιάτη).

κων συνέτεινε ώστε η Κύπρος να γίνει αξιόλογο κέντρο ιατρικής μάθησης με ένα μακρύ κατάλογο αξιόλογων ιατρών από τον 5^ο αιώνα π.Χ. μέχρι τον 4^ο αιώνα μ.Χ. (Λουκαΐδης 1953, Παπαχονοπούλου 1981, Michaelides 1988).

Επιβεβαίωση της χρήσης των μεταλλικών αλάτων της Κύπρου στη θεραπευτική τέχνη αποτελεί η περιγραφή του Ερατοσθένη (3^{ος} αιώνας π.Χ.) που διασώθηκε στα γεωγραφικά του Στράβωνα (28 μ.Χ.)... «*μεταλλάτε χαλκού έστιν άφθονα τα εν Ταιμασώ εν οίς το χαλκανθές γίνεται και ο ίός του χαλκού... χρήσιμα στην θεραπευτική τέχνη...*». Σταθμό στην ανάπτυξη της ιατρικής επιστήμης απετέλεσαν οι έρευνες του Ερασίστρατου, (3^{ος} αιώνας π.Χ.), σε ανθρώπινα πτώματα που οδήγησαν στην κατανόηση της ανατομίας και της φυσιολογίας του ανθρώπινου σώματος και βοήθησαν στην ανάπτυξη της διανοητικής, θεραπευτικής και χειρουργικής ιατρικής με επακόλουθο την κατακόρυφη αύξηση της χρήσης και ζήτησης φαρμακευτικών υλών. Η ζήτηση κυπριακών μεταλλικών φαρμάκων αυξήθηκε ακόμη περισσότερο μετά τον καθορισμό των ιαματικών ιδιοτήτων και της εξαιρετικής ποιότητάς τους στο σύγγραμμα του Διοσκουρίδη (1^{ος} αιώνας μ.Χ.) «Περί Ύλης Ιατρικής» καθιστώντας το νησί το μεγαλύτερο κέντρο παραγωγής μεταλλικών φαρμάκων. Σ' αυτό συνέβαλε επίσης ο σύγχρονος του Διοσκουρίδη Πλίνιος με το έργο του "Naturalis". Τα 14 από τα 16 ορυκτά φάρμακα που αναφέρει ο Διοσκουρίδης προέρχονται από τα χαλκούχα κοιτάσματα του Τροόδου.

Εκτός από τα αρχαία κείμενα, αρχαιολογικές ανασκαφές έφεραν στο φως τον τάφο ενός χειρουργού γιατρού που έζησε το πρώτο ήμισυ του 2^{ου} αιώνα μ.Χ. Στον τάφο βρέθηκε και περιγράφηκε μια πλήρης συλλογή ιατρικών εργαλείων που χρησιμοποιούσαν οι γιατροί κατά τη Ρωμαϊκή Εποχή (Michaelides 1984). Η κατασκευή των εργαλείων ήταν εύκολη στην Κύπρο με παράδοση αιώνων στην μεταλλουργική τέχνη. Εκτός από το πλήρες «instrumentarium» στον τάφο βρέθηκαν και δείγματα πέντε ορυκτών φαρμακευτικών υλών που προήλθαν από το μεταλλείο της Σκουριώτισσας, κοντά στην αρχαία πόλη των Σόλων, που την εποχή εκείνη ήταν το μεγαλύτερο κέντρο παραγωγής μεταλλικών φαρμάκων στην Κύπρο. Τα τρία δείγματα ήταν άλατα θειικού σιδήρου και χαλκού και παρόμοια φάρμακα βρέθηκαν σε Ρωμαϊκούς τάφους στη Βουλγαρία, Μικρά Ασία, Ισπανία και Γαλλία (Michaelides 1988). Χρησιμοποιούνταν ως αντισηπτικά και η βακτηριοκτόνος δράση τους απεδείχθη στο εργαστήριο σε καλλιέργειες μικροοργανισμών που αναπτύσσονται σε πληγές. Επιπρόσθετη πειστική μαρτυρία της αντισηπτικής δράσης των θειικών αλάτων του σιδήρου και του χαλκού αποτελούν τα εξαιρετικά διατηρημένα ξύλα από τις υποστυλώσεις αρχαίων υπογείων στοών στα μεταλλεία της Κύπρου που παρέμειναν θαμμένα για δύο χιλιάδες χρόνια και ανασύρθηκαν μετά την επαναλειτουργία των μεταλλείων στις αρχές του 20^{ου} αιώνα (Εικ. 3, Bruce et al. 1937).

Η φήμη που απέκτησαν τα κυπριακά μεταλλικά κυρίως φάρμακα από τα συγγράμματα των Διοσκουρίδη και Πλίνιου, τόσο για την εξαιρετική ποιότητα αλλά και την αφθονία τους, κίνησαν το ενδιαφέρον του Γαληνού που ήταν ένας από τους μεγαλύτερους γιατρούς της αρχαιότητας. Ο ίδιος, γράφει στο «Περί της των απλών φαρμάκων κρásaσεως και δυνάμεως» σύγγραμμά του, όταν ήλθε στην Κύπρο με μόνο σκοπό να μελετήσει τα μεταλλικά φάρμακα «*Όσπερ ουν εις Κύπρον ένεκα των εν αυτή μετάλλων ...*». Αναφέρει επίσης ότι επισκέφθηκε το μεταλλείο κοντά στους Σόλους (Σκουριώτισσα) συνοδευόμενος από το Ρωμαίο Επίτροπο των Μετάλλων και περιέγραψε λεπτομερώς την υδρομεταλλουργική παραγωγή χάλκανθου στο μεταλλείο αυτό για την ικανοποίηση της μεγάλης ζήτησης.

Σύντομη περιγραφή των γεωλογικών διεργασιών οξειδωσης των χαλκούχων κοιτασμάτων της Κύπρου

Η οροσειρά του Τροόδου ευνοήθηκε από τη φύση με πλούσια μεταλλοφορία, η οποία μεταξύ άλλων περιλαμβάνει το μεγαλύτερο κοιτάσμα αμιάντου στην Ευρώπη και πολ-

λά κοιτάσματα χαλκούχων σιδηροपुरιτών, που το καθιστούν μία από τις πέντε πλουσιότερες περιοχές του κόσμου σε χαλκό ανά μονάδα επιφάνειας. Τα κοιτάσματα αποτελούνται αποκλειστικά από σιδηροपुरίτη (FeS_2), χαλκοपुरίτη (CuFeS_2) και μικρότερες ποσότητες σφαλερίτη (ZnS_2). Κατά τη διαφορική ανύψωση του Τροόδους από το βυθό της θάλασσας στο σημερινό του υψόμετρο των 2000 μέτρων, με πολύπλοκες γεωλογικές διεργασίες που κράτησαν δεκάδες εκατομμύρια χρόνια (Κωνσταντίνου 2003), τα κοιτάσματα ήλθαν κοντά στην επιφάνεια. Η διάβρωση που ακολούθησε τα εξέθεσε στην επιφάνεια και στην οξειδωτική δράση του βρόχινου νερού. Τα θειούχα ορυκτά των κοιτασμάτων αντιδρούν χημικά με το νερό της βροχής και το διαλυμένο οξυγόνο και αποτέλεσμα των αντιδράσεων αυτών είναι η δημιουργία όξινου διαλύματος που περιέχει ποικίλες ποσότητες θειικού οξέος (H_2SO_4), θειικού χαλκού (CuSO_4), δισθενούς και τρισθενούς θειικού σιδήρου (FeSO_4 και $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$) και μικρότερες ποσότητες θειικού ψευδαργύρου (ZnSO_4).

Μέρος του όξινου διαλύματος χάνεται στη θάλασσα με επιφανειακή απορροή, αλλά το μεγαλύτερο μέρος κατεισδύει στα βαθύτερα στρώματα των κοιτασμάτων. Κατά τη διάδρομή ο θειικός σίδηρος υφίσταται υδρόλυση και σχηματίζει εναποθέσεις υδροξειδίων του σιδήρου, ενώ το υπόλοιπο καταλήγει στον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα, όπου επικρατούν αναγωγικές συνθήκες και ο χαλκός εναποτίθεται υπό μορφή δευτερογενών θειούχων ορυκτών χαλκού. Τελικό αποτέλεσμα των γεωλογικών αυτών διεργασιών είναι ο σχηματισμός πάνω από το μη οξειδωμένο κοίτασμα σιδηρού κάλυμμα (gossan) πάχους 10–40 μέτρων με έντονα κόκκινα και κίτρινα χρώματα (Εικ. 3). Κάτω από τις οξειδώσεις σχηματίστηκαν ζώνες δευτερογενούς εμπλουτισμού του χαλκού στις οποίες η περιεκτικότητα του χαλκού αυξάνεται από 1% στο 20%. Στα έντονα χρώματα των οξειδώσεων οφείλεται η γρήγορη ανακάλυψη των κοιτασμάτων και στις εμπλουτισμένες ζώνες χαλκού η εκτεταμένη εκμετάλλευσή τους από τους αρχαίους.

Ένα σημαντικό μέρος του όξινου διαλύματος κατά την επιφανειακή απορροή και κατείσδυση συγκεντρώνεται σε κοιλάδες. Με την εξάτμιση κατά τους άνομβρους μήνες του χρόνου, η συγκέντρωση των διαλυμένων θειικών μετάλλων αυξάνεται και τελικά εναποτίθενται ως προσμείξεις ένυδρων θειικών αλάτων των μετάλλων σιδήρου, χαλκού και ψευδαργύρου. Τα πλείστα των αλάτων είναι άμορφα ή μικροκρυσταλλικά, έχουν αρχικά έντονα άσπρα, κίτρινα, γαλάζια και πράσινα χρώματα τα οποία αλλάζουν με την αποξήρασή τους (Εικ. 4). Λόγω ειδικών γεωλογικών συνθηκών οι μεγαλύτερες ποικιλίες και ποσότητες θειικών μεταλλικών αλάτων βρίσκονται στη Σκουριώτισσα που ήταν και το μεγαλύτερο κέντρο παραγωγής μεταλλικών φαρμάκων.



Εικ. 3. Κορμός πεύκου από αρχαίες υποστυλώσεις υπόγειων στοών στο Μεταλλείο Σκουριώτισσα.



Εικ. 4. Αποθέσεις ένυδρων θεικών αλάτων σιδήρου (κίτρινο και άσπρο χρώμα) και χαλκού (γαλάζιο χρώμα) (Μεταλλείο Σκουριώτισσας).

Λεπτομερείς κοιτασματολογικές έρευνες του μεταλλείου της Σκουριώτισσας απέδειξαν την ύπαρξη των ακόλουθων ένυδρων θεικών αλάτων: μελαντηρίτης ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), φιπροφερρίτης ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), κοπιαπατίτης ($2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SO}_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$), κυπρουσίτης ($7\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 10\text{SO}_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$), χαλκανθίτης ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), βροχανθίτης ($\text{Cu}_4\text{SO}_4(\text{OH})_6$), χρυσοκόλλα ($\text{CuSiO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), τεστινεζίτης (ένυδρο θειικό άλας σιδήρου-φωσφόρου), καρφοσιδερίτης (ένυδρο θειικό άλας σιδήρου-μαγνησίου) (Constantinou 1972). Το τελευταίο είναι σπάνιο, αλλά είναι ένα από τα πέντε δείγματα φαρμάκων που βρέθηκαν στον τάφο του γιατρού στη Νέα Πάφο. Ένυδρα θειικά άλατα ψευδαργύρου δεν βρέθηκαν στη Σκουριώτισσα ίσως διότι η περιεκτικότητα του κοιτάσματος σε ψευδάργυρο είναι χαμηλή. Σε άλλα όμως μεταλλεία, όπως ο Μαθιάτης, η περιεκτικότητα σε ψευδάργυρο είναι πολύ μεγαλύτερη και ίσως εκεί να υπήρχαν τα άλατά του.

Οι κυπριακές φαρμακευτικές ορυκτές ύλες που αναφέρονται στο «Περί Ύλης Ιατρικής» του Διοσκουρίδη φαίνονται στον Πίνακα 1. Όλες εκτός από το Άλες και τον Αμianto παράγονται στα χαλκούχα κοιτάσματα του Τροόδους. Από αυτά η Καθμεία, ο Κεκαυμένος χαλκός, η Σποδός και ο Πομφόλυξ είναι τεχνητές και παράγονται στα διάφορα στάδια της πυρομεταλλουργικής επεξεργασίας των θειούχων μεταλλευμάτων για την παραγωγή μεταλλικού χαλκού. Οι υπόλοιπες είναι φυσικά θειικά άλατα του χαλκού, του σιδήρου και του ψευδαργύρου και παράγονται κατά τη διαδικασία της οξειδωσης των θειούχων ορυκτών των κοιτασμάτων.

Ο Διοσκουρίδης θεωρεί επίσης το θαλασσινό άλας της Κύπρου ως το καλύτερο για θεραπευτικούς σκοπούς «... του δε θαλασίου (άλας) το πυκνόν παραληπτέον και λευκόν και ομαλόν. Κάλλιστον δε εν Κύπρω και Σαλαμίνη της Κύπρου γίνεται...». Τέλος για τον αμianto αναφέρει «... λίθος αμιάντος γεννάται μεν εν Κύπρω στυπυρία σχιστή εοικώς, ον εργαζόμενοι υφάσματα ποιούσιν εξ αυτού, όντος μαντώδους, προς θέαν...».

Υδρομεταλλουργία στην Σκουριώτισσα κατά τους αρχαίους και νεώτερους χρόνους

Για την ικανοποίηση της μεγάλης ζήτησης Κυπριακών φαρμάκων την εποχή του Γαλιανού λειτουργούσε υδρομεταλλουργική παραγωγή θειικού κυρίως χαλκού (χάλκανθου), την οποία παρακολούθησε (166 μ.Χ.) και την περιέγραψε. Παρατίθεται ελεύθερη αλλά τεχνικά πιστή απόδοση της περιγραφής του (Κ. Ξυδάς, προσωπική επικοινωνία).

«Ένα μεγάλο κτίριο, χαμηλοτάβανο, σκεπάζει την είσοδο του μεταλλείου. Μέσα απ' αυτό, σκάφτηκε μια γαλαρία, σαν σπηλιά που έχει πλάτος αρκετό για να χωρά τρεις άντρες να περπατούν και ύψος τέτοιο που ο ψηλότερός τους να βαδίζει όρθιος χωρίς να ανα-

Πίνακας 1: Κυπριακές φαρμακευτικές ύλες που αναφέρονται στο σύγγραμμα «Περί Ὑλης Ἱατρικῆς» του Διοσκουρίδη (1^{ος} αιώνας μ.Χ.).

Φυτικές		Ορυκτές	
Κάλαμος Κύπριος	Σεμπιούχον	Άλες	Μελαντήρια
Κίκι	Συκόμορον	Αμίαντος	Μίσυ
Λάδανον	Τερμινθίνη	Διφρυγές	Πομφόλυξ
Οροβάγχη	Τροχίτης	Ιός χαλκού	Σποδός
		Καδμεία	Σώρι
		Κεκαυμένος χαλκός	Χαλκανθές
		Κύανος	Χαλκίτις
		Λεπίς χαλκού	Χρυσοκόλλα

γκάζεται να σκύβει. Η γαλαρία έχει ελαφριά κλίση προς τα μέσα. Στο βάθος, σε απόσταση 600 ποδιών από την είσοδο, υπάρχει μια λίμνη χλιαρού παχύρρευστου, πράσινου (Εικ. 5), ελαιώδους υγρού. Κατά μήκος της διαδρομής προς τη λίμνη, η θερμοκρασία είναι ίσα με εκείνη που έχει το πρώτο δωμάτιο στα δημόσια λουτρά, που συνήθως το λένε «προμαλακτήριο».

Το νερό που στάζει από τα πετρώματα του πορώδους λόφου, μαζεύεται σταγόνα - σταγόνα, μέρα-νύχτα, μέσα στους αμφορείς. Έτσι το κουβαλούν οι εργάτες και το αδειάζουν σε τετράγωνα πήλινες σκάφες, που κατασκευάστηκαν στην είσοδο του κτιρίου. Μετά από μερικές μέρες το υγρό συμπυκνώνεται ακόμη περισσότερο και μετατρέπεται σε χαλκανθίτη, που μοιάζει με λουλούδι από χαλκό (Εικ. 6). Στο βάθος του μεταλλείου, η οσμή είναι δηκτική και δύσκολα την ανέχεται κανένας. Και το υγρό έχει παρόμοια γεύση. Οι εργάτες, μισόγυμνοι, κουβαλούν τους αμφορείς με το υγρό με σπουδή, για να μη μείνουν για πολύ μέσα στο μεταλλείο. Που και που υπάρχουν φώτα, μα πολύ συχνά είναι σβησμένα. Η γαλαρία σκάφτηκε από τους εργάτες, εδώ και πολλά χρόνια λίγο - λίγο κάθε φορά. Όταν το νερό που στάζει λιγοστεύει, οι εργάτες σκάβουν βαθύτερα μέσα στο λόφο».

Η συμβολή των βακτηρίων *Theobacillus ferroxidans* στην οξειδωση των θειούχων ορυκτών του χαλκού και του σιδήρου στα κοιτάσματα της Κύπρου ήταν σημαντικός καθ' όλη τη διάρκεια της γεωλογικής τους εξέλιξης. Οι μικροοργανισμοί αυτοί είναι χημειολιθότροφοι αντλούν την ενέργεια που χρειάζονται από την οξειδωση του δισθενούς σιδήρου σε τρισθενή και του δισθενούς θείου των θειούχων ορυκτών του χαλκού και σιδήρου σε θειικό. Αντλούν επίσης, τον άνθρακα για τη σύνθεση των οργανικών ουσιών τους από το διοξείδιο του άνθρακα της ατμόσφαιρας κα ευδοκιμούν σε πολύ όξινα διαλύματα και με μεγάλη συγκέντρωση τοξικών μετάλλων. Τα χαρακτηριστικά των μικροοργανισμών αυτών τα εκμεταλλεύονται σήμερα στη Σκουριώτισσα για την παραγωγή, σε βιομηχανική κλίμακα, καθαρού χαλκανθίτη αλλά πρωτίστως καθαρού μεταλλικού χαλκού. Η μέθοδος που χρησιμοποιείται είναι η εκχέλιση σε σωρούς και η αποτελεσματικότητα της μεθόδου βελτιώνεται με την επίτευξη βιολογικών συνθηκών ανάπτυξης και δραστηριοποίησης των βακτηρίων αυτών. Οι σωροί του μεταλλεύματος αρδεύονται με όξινο διάλυμα που περιέχει βακτήρια τα οποία οξειδώνουν τα θειούχα ορυκτά του χαλκού σε διαλυμένο θειικό χαλκό. Το διάλυμα διοχετεύεται σε ειδικές δεξαμενές και με ειδικό οργανικό εξαγωγέα διαχωρίζεται ο θειικός χαλκός και συγκεντρώνεται σε ειδικές δεξαμενές και με ηλεκτρόλυση παράγεται ο μεταλλικός χαλκός ή χωρίς ηλεκτρόλυση καθαρός χαλκανθίτης. Μεγάλο μέρος των μετάλλων και του θείου των Κυπριακών φαρμακευτικών υλών στους αρχαίους χρόνους παράχθηκαν μέσω του



Εικ. 5. Το Μεταλλείο Σκουριώτισσας με λίμνες βρόχινου νερού πλούσιο σε θειικό χαλκό (πράσινη μικρή) και θειικό σίδηρο (οι δύο μεγαλύτερες), προϊόντα της οξειδωσης των μεταλλοφόρων πετρωμάτων.



Εικ. 6. Χαλκανθίτης που σχηματίστηκε στα ανώτερα σημεία της δεξαμενής με διάλυμα εμπλουτισμένο σε καθαρό θειικό χαλκό πριν την ηλεκτρόλυση.

μεταβολισμού των βακτηρίων και ίσως σ' αυτό να οφείλεται και η αυξημένη αποτελεσματικότητα τους που τα κατέστησε περιζήτητα.

Βιβλιογραφία

Bruce S.R., Maglis C., and Greveling D., Antiquities in the Mines of Cyprus. Appendix V, in The Swedish Cyprus Expedition III, 1937.

Constantinou G., The geology and genesis of the sulphide ores of Cyprus. PhD thesis. University of London. 1972.

Constantinou G., Geological features and ancient exploitation of the cupriferous sulphide deposits of Cyprus. Early Metallurgy in Cyprus. 4000 – 500 B.C. Ed. T.D. Muhly, R., Maddin, V., Karageorghis, 1982.

Dioscourides P., "De Materia Medica". Έκδοση Welmann, Βιβλίο V, Κεφ. 74,76,79,9,103.

Galen Cl., Opera Omnia. Εκδ. Κuhn τόμος XIII.

Κωνσταντίνου Γ., Συμβολή της Κύπρου στην ανάπτυξη της μεταλλουργίας χαλκού στην

αρχαιότητα. Πρακτικά 1^{ου} Διεθνούς Συνεδρίου Αρχαία Ελληνική Τεχνολογία. Θεσσαλονίκη 1997.

Κωνσταντίνου Γ., Συμβολή της Γεωλογίας στην Εκτεταμένη Εκμετάλλευση των Χαλκούχων κοιτασμάτων της κατά την Αρχαιότητα. Πρακτικά συνεδρίου Αρχαία Ελληνική Τεχνολογία και Τεχνική από την προϊστορία μέχρι την ελληνιστική περίοδο. Ohlstadt/Obb Γερμανίας, 2003.

Λουκαΐδης Θ., Η Ιατρική παρά τοις αρχαίοις Κυπρίοις. Λευκωσία 1953.

Masson O., "Les Inscriptions Chypriotes Syllabique" *Edutes Chypriotes* 1) 1983, 235, no. 217.

Michaelides D., A Roman Surgeon's Tomb from Nea Paphos. Part I. Report of the Department of Antiquities, Cyprus, 1984.

Michaelides D., A Roman Surgeon's Tomb from Nea Paphos. Part II Ancient Medicines: By Products of Copper Mining in Cyprus. Report of the Department of Antiquities, Cyprus, 1988.

Papaxenopoulos A., *Zypriotische Medicin in der Antike Inaugural Dissertation Bayrische Julius Maximilius Universitat Warzburg*. 1981.

Plinius "Naturalis Historiae". Έκδοση Mayhoff XXXIV, 37, II XXXV, 10.

Χρυσάνθης Κ., Κυπριακές φαρμακευτικές ύλες στο «Περί Ύλης Ιατρικής» του Διοσκουρίδη. Κυπριακά Σπουδαί, Τομ. Στ., 1942.

Χρυσάνθης Κ., Ο Γαληνός και η Κύπρος. Κυπριακά Σπουδαί. Τομ. Στ, 1942.