

ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 5<sup>ΗΣ</sup> ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ 1987

ΠΡΟΕΔΡΙΑΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ ΜΠΟΝΗ

---

Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΥ  
ΣΤΗΝ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΠΟΡΩΝ  
Σημερινή κατάσταση-Προβλήματα-Προοπτικές

ΟΜΙΛΙΑ ΤΟΥ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟΥ κ. ΛΟΥΚΑ ΜΟΥΣΟΥΛΟΥ

Ένας από τους κυριότερους σκοπούς τής 'Ακαδημίας 'Αθηνών είναι να ένθαρρύνει και να προωθεί την επιστημονική έρευνα πρὸς ὄλες τις κατευθύνσεις. Κατὰ συνέπεια, ἡ ἀπὸ τοῦ βήματός της παρουσίαση τῆς καταστάσεως πὸν ἐπικρατεῖ σὲ συγκεκριμένο τομέα τῆς ἐπιστήμης μὲ ταυτόχρονο σχολιασμό τῶν προβλημάτων και τῶν τάσεων πὸν τὴν χαρακτηρίζει εἶναι ὄχι μόνο χρήσιμη ἀλλὰ και ἐπιβεβλημένη. Πράγματι, μὲ τὸν τρόπο αὐτὸ ἐκτὸς τοῦ ὅτι ἐπιτυγχάνεται ἐνημέρωση τοῦ εὐρύτερου ἐπιστημονικοῦ κοινού, δημιουργοῦνται ἐρεθίσματα γιὰ ἀνάληψη ἐρεύνης.

Στὴν παροῦσα ὁμιλία θὰ προσπαθῆσω νὰ παρουσιάσω, μὲ μεγάλη συντομία, τὴ σημασία ἐνὸς πολὺ κρισίμου γιὰ τὴ Μεταλλευτικὴ Βιομηχανία τομέα, τοῦ ἐμπλουτισμοῦ τοῦ μεταλλεύματος πὸν προηγείται τῆς μεταλλουργικῆς αὐτοῦ κατεργασίας. Θὰ προσπαθῆσω περαιτέρω νὰ προβάλω ὀρισμένες ἐξελίξεις πὸν σημειώθηκαν στὸν τομέα αὐτὸ κατὰ τὰ τελευταῖα χρόνια και νὰ ἐντοπίσω περιοχὲς πὸν προσφέρουν θέματα, περίξ τῶν ὀποίων μπορεῖ νὰ ἀναπτυχθεῖ ἐνδιαφέρουσα ἐρευνητικὴ δραστηριότητα.

Ἐπὸ τῆς ἐμφανισεῶς της ἡ Μεταλλευτικὴ Βιομηχανία χρησιμοποίησε διαδικασίες πὸν θὰ μπορούσαν νὰ ἐνταχθοῦν σὲ τρία διακεκριμένα στάδια: ἀναζήτηση, ἐντοπισμὸς και μελέτη τοῦ κοιτάσματος — ὀργάνωση τῆς ἐκμεταλλεύσεως και ἐξόρυξη τοῦ μεταλλεύματος — τέλος, μεταλλουργικὴ κατεργασία τούτου: Ἐντικείμενο τοῦ τελευταίου αὐτοῦ στα-

δίου είναι, ως γνωστόν, ή εκ τῶν περιεχομένων στο μέταλλευμα ὠφελίμων ὀρυκτῶν ἐξαγωγή τοῦ ἀντιστοίχου καθαροῦ μετάλλου. Ὁ ἐμπλουτισμός προστέθηκε ἀργότερα γιά νά διευκολύνει τή μεταλλουργική κατεργασία τῆς ὁποίας καί προηγείται.

Τὸ μέταλλευμα εἶναι, ὅπως ὄλοι γνωρίζομε, ἓνα φυσικό μηχανικό μίγμα ἀπὸ ὠφέλιμα καί μὴ ὀρυκτά, τὰ ἄλλως καλούμενα στεῖρα. Ἐπί μακρὰ χρόνια ἡ προσοχή συγκεντρώταν περὶ τὴν ἀναζήτηση καί ἐκμετάλλευση πλουσίων μεταλλευμάτων, δηλαδή μεταλλευμάτων μὲ σχετικῶς μικρὸ ποσοστὸ στείρων. Κάποια προσπάθεια ἀπομακρύνσεως μέρους ἔστω τῶν στείρων τούτων πρὸ τῆς παραδόσεως τοῦ μεταλλεύματος γιά μεταλλουργική ἐπεξεργασία, ἦταν φυσικό νά ἐμφανισθεῖ ἀπὸ πολὺ νωρίς. Ὅπως δὴποτε τὸ πρόβλημα τοῦ ἐμπλουτισμοῦ θὰ τέθηκε ἀπὸ τὰ πρῶτα βήματα τῆς Μεταλλευτικῆς Βιομηχανίας, κατ' ἀρχὰς ὑπὸ μορφὴ χειροδιαλογῆς, στὴν ὁποία ἀργότερα προστέθηκαν καί ὀρισμένες ἀπλὲς ὕδρομηχανικῆς φύσεως διεργασίες. Μάρτυρες χρησιμοποίησεως τοιούτων διεργασιῶν εἶναι π.χ. τὰ ἀρχαῖα πλυντήρια τοῦ Λαυρίου.

Μὲ τὴν πάροδο βεβαίως τοῦ χρόνου καί τὴν ἀλματώδη αὔξηση στὴν κατανάλωση μετάλλων, πού ξεκίνησε μὲ τὴ βιομηχανικὴ ἐπανάσταση τοῦ παρελθόντος αἰῶνος, τὰ πλούσια αὐτὰ μεταλλεύματα ἐξαντλήθηκαν ταχέως. Ἀπὸ τίς πρῶτες ἤδη δεκαετίες τοῦ τρέχοντος αἰῶνος ἡ Μεταλλευτικὴ Βιομηχανία ἄρχισε νά στρέφεται ὅλον ἐν καί περισσότερο πρὸς τὰ πτωχότερα μεταλλεύματα, γιά νά καταλήξει σήμερα σὲ περιεκτικότητες πού ἦταν ἄλλοτε ἀδιανόητες. Ἐναργὲς παράδειγμα παρέχει ἡ περίπτωση τοῦ χαλκοῦ. Ἡ ὀλότητα σχεδὸν τοῦ μετάλλου τούτου προέρχεται τῶρα ἀπὸ μεταλλεύματα μὲ περιεκτικότητα πού κυμαίνεται μεταξὺ 0,4 καί 1%.

Εἶναι φανερό ὅτι τέτοια πτωχὰ μεταλλεύματα δὲν εἶναι δυνατό νά χρησιμοποιηθοῦν κατευθείαν στὴ Μεταλλουργία. Πράγματι, ἡ τελευταία αὐτή, ὡς βασιζομένη σὲ χημικὲς ἀντιδράσεις πού συνεπάγονται ριζικὲς ἀλλαγές στὴ φύση τῶν συστατικῶν τοῦ μεταλλεύματος, διαλαμβάνει δύσκολες καί δαπανηρὲς διεργασίες πού ὀδηγοῦν σὲ ὑψηλὲς δαπάνες ἀνὰ τόννο τροφοδοσίας καί κατὰ συνέπεια ἐπιβαρύνουν ὑπέρμετρα τὸ κόστος τῆς μονάδας τελικοῦ προϊόντος, δηλαδή τὸ κόστος τοῦ παραγομένου μετάλλου. Ὑφίσταται ἐπομένως ἀδήριτος ἀνάγκη ὅπως τὸ πτωχὸ μέταλλευμα, προτοῦ ἀποσταλεῖ στὴ Μεταλλουργία, ὑποβληθεῖ σὲ κατάλληλες ἀπλὲς διεργασίες, χαμηλοῦ ὅσο τὸ δυνατό κόστους, πού ἀποσκοποῦν στὴν ἀπ' αὐτὸ ἀπομάκρυνση τῶν στείρων συστατικῶν του.

Οἱ διεργασίες αὐτὲς συνιστοῦν σήμερα ἓνα πολὺ σημαντικό σὲ ἔκταση συγκεκριμένο στάδιο, τὸ ὁποῖο χαρακτηρίζεται ὡς «ἐμπλουτισμός». Προϊὸν τοῦ σταδίου τούτου εἶναι τὸ λεγόμενο «ἐμπλούτισμα» ἢ ἄλλως «συμπύκνωμα» πού δὲν διαφέρει ἀπὸ τὸ ἀρχικὸ μέταλλευμα παρὰ κατὰ τὸ ὅτι ἡ σχέση ὠφελίμων πρὸς στεῖρα ὀρυκτὰ εἶναι ἐδῶ ἀσύγκριτα μεγα-



λύτερη. Πρόκειται στην ουσία περί μετατροπής του πτωχού μεταλλεύματος σ' ένα πλούσιο μετάλλευμα κατάλληλο για μιὰ εύκολότερη και άποδοτικότερη μεταλλουργική κατεργασία.

Με την άναγκαστική στροφή προς όλονεν πτωχότερα μεταλλεύματα ο έμπλουτισμός προσέλαβε τεράστια σημασία στην αξιοποίηση του όρυκτου πλούτου. Κατέστη ένα άπαραίτητο, θεμελιώδες στάδιο, τής αξιοποίησεως αυτής. Χάρης στον έμπλουτισμό καθίσταται δυνατή ή αξιοποίηση πτωχών μεταλλευμάτων, που πήρε σήμερα τεράστιες διαστάσεις και επέφερε αντίστοιχη διεύρυνση τών άποθεμάτων. Είναι δια τής διεύρυνσεως αυτής που μπόρεσε ή Μεταλλευτική Βιομηχανία να ανταποκριθεί στην άλματώδη εξέλιξη τής καταναλώσεως μετάλλων, ή όποια χαρακτηρίζει την τελευταία 50ετία.

Έδω πρέπει να άναφερθεί ότι, πέραν τής αύξήσεως τής περιεκτικότητας, ο έμπλουτισμός επέτυχε την επίλυση και ένός άλλου σοβαροῦ προβλήματος τής αξιοποίησεως του όρυκτου πλούτου. Πρόκειται για τὸ πρόβλημα τής διασπάσεως τών μικτῶν μεταλλευμάτων, δηλαδή μεταλλευμάτων όπου άπαντοῦν σε ύψηλές σχετικές αναλογίες περισσότερα του ένός ώφέλιμα όρυκτά. Είναι π.χ. ή περίπτωση τών καλουμένων «μικτῶν θειούχων», τὰ όποια είναι πολυμεταλλικά μεταλλεύματα με κυριαρχούντα τρία συνήθως όρυκτά: σιδηροπυρίτης, σφαλερίτης, γαληνίτης. Τὰ μεταλλεύματα αυτά, τὰ όποια άπαντοῦν σε τεράστιες ποσότητες, δέν προσφέρονται για μεταλλουργική κατεργασία, γιατί τὸ καθένα από τὰ κύρια ώφέλιμα όρυκτά άπαιτεί διαφορετικές διεργασίες. Έτσι, θὰ παρέμεναν άναξιοποίητα, εάν δια του έμπλουτισμοῦ δέν έπετυγχανέτο ή διάσπασή των σε τρία ύψηλης περιεκτικότητος ξεχωριστά συμπυκνώματα τών ως άνω όρυκτῶν, συμπυκνώματα εύχεροῦς και άποδοτικῆς κατεργασίας.

\*

Άπ' όσα μέχρι τώρα εξέτέθησαν γίνεται σαφής, νομίζω, ή τεράστια σημασία του έμπλουτισμοῦ στην αξιοποίηση του όρυκτου πλούτου. Στην ουσία ο έμπλουτισμός αποτελεί διακεκριμένο στάδιο τής αξιοποίησεως αυτής, που περιλαμβάνει σειρά πολύμορφων άπλῶν διεργασιῶν, δια τών όποίων προπαρασκευάζεται τὸ μετάλλευμα για μιὰ εύκολότερη και άποδοτικότερη μεταλλουργική κατεργασία. Άς δοῦμε τώρα την κατάσταση που επικρατεί σήμερα στην περιοχή αυτή.

\*

Ός διαδικασία που παρεμβάλλεται για να συμπίσει τις δαπάνες και να κάμει εύχερτερη τή μεταλλουργική κατεργασία, ο έμπλουτισμός θὰ πρέπει άπαραιτήτως να χρησιμοποιει άπλές και χαμηλοῦ κόστους διεργασίες. Κατ' άρχήν τὸ μετάλλευμα θραύεται και

λειτουργιβεΐται σὲ τρόπο ὥστε νὰ ἐλευθερώνονται οἱ κόκκοι τοῦ ὠφέλιμου ὄρυκτοῦ. Στὴ συνέχεια ὑποβάλλεται σὲ διεργασίες πού στηρίζονται σὲ κάποια χαρακτηριστικὴ ιδιότητα, ὅπως π.χ. τὸ εἰδικὸ βάρος, ὡς πρὸς τὴν ὁποία τὸ πρὸς διαχωρισμὸ ὠφέλιμο ὄρυκτὸ διαφοροποιεῖται ἀπὸ τὰ συνυπάρχοντα.

Ἔτσι, ἀντίθετα μὲ τὴ μεταλλουργικὴ διαδικασίᾳ ὅπου χρησιμοποιοῦνται διεργασίες οἱ ὁποῖες μεταβάλλουν ριζικὰ τὴ φυσικὴ κατάσταση τοῦ μεταλλεύματος ἢ τὴν ὄρυκτολογικὴ του σύσταση, ὁ ἐμπλουτισμὸς δὲν ἐπιφέρει τέτοιες μεταβολές. Τὰ ἴδια ὠφέλιμα καὶ στεῖρα ὄρυκτὰ τοῦ ἀρχικοῦ μεταλλεύματος συνιστοῦν καὶ τὸ συμπύκνωμα τοῦ ἐμπλουτισμοῦ, ὅπου ὅμως εὐρίσκονται ὑπὸ ἄλλες, τελείως διαφορετικὲς ἀναλογίες.

Μεταξὺ τῶν διαφόρων τρόπων ἐμπλουτισμοῦ ἐπικρατέστεροι κατὰ πολὺ εἶναι ὁ ὕδρομηχανικός, ὁ μαγνητικός καὶ ὁ δι' ἐπιπλεύσεως ἐμπλουτισμὸς. Οἱ δύο πρῶτοι στηρίζονται σὲ φυσικὲς ιδιότητες τῶν ὄρυκτῶν, τὴν πυκνότητα καὶ τὴ μαγνητικὴ διαπερατότητα, ἀντιστοίχως. Ὁ τρίτος στηρίζεται σὲ διαφορὰ ἐπιφανειακῶν ιδιοτήτων. Γιὰ τὸν καθένα ἀπὸ τοὺς τρόπους αὐτοὺς ἀναπτύχθηκε μεγάλος ἀριθμὸς μεθόδων πού χαρακτηρίζονται ἀπὸ ιδιομορφίες τοῦ χρησιμοποιουμένου ἐξοπλισμοῦ, τοῦ μέσου μέσα στὸ ὁποῖο διενεργεῖται ὁ διαχωρισμὸς, τῆς φύσεως καὶ τοῦ συνδυασμοῦ ὑπαισερχομένων ἀντιδραστηρίων στὴν περίπτωσι φυσικὰ τῆς ἐπιπλεύσεως.

Οἱ ὕδρομηχανικὲς καὶ μαγνητικὲς μέθοδοι, πού βασίζονται σὲ διαφορὰ φυσικῶν ιδιοτήτων, δὲν μποροῦν νὰ ἐφαρμοσθοῦν γιὰ μέγεθος κόκκου κατώτερου τῶν 10 μμ. Αὐτὸ ὀφείλεται κυρίως εἰς τὸ ὅτι οἱ ἐπιφανειακὲς δυνάμεις ὑπερισχύουν καὶ καλύπτουν τὶς ἀτομικὲς διαφορὰς στὶς φυσικὲς ιδιότητες ἐπὶ τῶν ὁποίων στηρίζεται ὁ διαχωρισμὸς. Οἱ μέθοδοι ἐπιπλεύσεως, οἱ ὁποῖες βασίζονται σὲ διαφορὰ ἐπιφανειακῶν ιδιοτήτων, μποροῦν νὰ χρησιμοποιηθοῦν καὶ σὲ μεγέθη κόκκων μικρότερα τῶν 10 μμ, ἀλλὰ ἡ ἀπόδοσις τοῦ διαχωρισμοῦ μειώνεται αἰσθητὰ μὲ τὸ μέγεθος.

Στὰ πλαίσια τῶν ὡς ἄνω τριῶν τρόπων ἐμπλουτισμοῦ καταβάλλονται ἀδιάκοπες προσπάθειες γιὰ βελτιώσεις. Τέτοιες βελτιώσεις ἀφοροῦν κυρίως στὴν ποιότητα τῶν λαμβανομένων συμπυκνωμάτων, τὴ μείωσις τῶν ἀπωλειῶν, τὴ συμπίεσις τοῦ κόστους. Ἐπιτυγχάνονται κυρίως μὲ τελειοποιήσεις τῶν ἐν χρήσει συσκευῶν, τὴν ἐπινόησις νέων, στὴν περίπτωσι δὲ τῆς ἐπιπλεύσεως, καὶ μὲ τὴν ἀναζήτησις νέων ἀντιδραστηρίων ἢ νέων συνδυασμῶν τούτων. Ἔτσι, καὶ στοὺς τρεῖς ὑπὸ συζήτησις τρόπους ἐμπλουτισμοῦ παρουσιάζονται συνεχῶς ἐξελίξεις.

Ὡς παραδείγματα προσφάτων ἐξελίξεων στὴν περιοχὴ τοῦ ὕδρομηχανικοῦ ἐμπλουτισμοῦ ἀναφέρονται μεταξὺ ἄλλων ἡ εἰσαγωγή βελτιωμένου τύπου σπειρῶν ἐμπλουτισμοῦ (spiral concentrator), σκριβῶν παλλομένης κλίνης (moving bed jig), κυκλῶνων βαρέων



μέσων (*Cyclone heavy medium separators*), διαχωριστῶν στροβιλισμοῦ (*Dynawhirlpool separator* καὶ *Tri-Flo separator*), διδύμων, ὑδροκυκλώνων *Larox* (*Twin Vortex hydrocyclone*) κ.λπ.

Ἐνάλογα παραδείγματα ἀπαντοῦν καὶ στὴν περιοχὴ τοῦ μαγνητικοῦ διαχωρισμοῦ, ὅπου ἡ προσπάθεια συγκεντρώθηκε στὴν ἀνάπτυξη τῶν ὑγρᾶς λειτουργίας ὑψηλῆς ἐντάσεως διαχωριστῶν (*Whims*), διὰ τῶν ὁποίων ἐπεκτάθηκε τὸ πεδίου ἐφαρμογῆς σὲ ὄρυκτὰ ἀσθενοῦς παραμαγνητισμοῦ. Ἐν προκειμένῳ ἀναφέρονται ὁ μαγνητικὸς ὑδροκυκλώνας (*magnetic hydrocyclone*), ὁ διαχωριστὴς *Bateman*, γνωστὸς ὡς *Ferrous Wheel*, ὁ διαχωριστὴς τυμπάνου μὲ σύστημα ὑπεραγωγιμότητος (*drum separator with superconductive magnetic system*), ὁ διαχωριστὴς *Eriez*, κ.λπ.

Στὴν περιοχὴ τῆς ἐπιπλεύσεως, ποῦ ἀποτελεῖ σήμερα τὸ σπουδαιότερο τρόπο ἐμπλουτισμοῦ, σημειώθηκε μεγάλη πρόοδος σὲ ὅ,τι ἀφορᾷ τὴν κατανόηση τοῦ μηχανισμοῦ, τοῦ χημισμού καὶ τῆς κινητικῆς τῆς ἐπιπλεύσεως, τῆς ἐπιδράσεως τῆς θερμοκρασίας κ.λπ. Μεγάλῃ πρόοδος σημειώθηκε ἐπίσης στὸν τομέα τῶν ἀντιδραστηρίων. Χάρης στὴν ἐπινοήση νέων τύπων καὶ νέων συνδυασμῶν τούτων ἡ ἐπίπλευση, ἡ ὁποία ἀρχικὰ περιοριζόταν στὸν ἐμπλουτισμὸ τῶν θειούχων, ἔγινε σήμερα κοινῆς χρήσεως, ἐπεκταθεῖσα στὰ ὀξεῖδια καὶ τὰ βιομηχανικὰ ὄρυκτὰ. Ἐνδιαφέρουσες ἐξελιξίεις ὑπῆρξαν σχετικὰ μὲ τὸ μέγεθος τῶν κυψελῶν, ὁ ὄγκος τῶν ὁποίων προωθήθηκε τελευταίως μέχρι  $80\text{m}^3$ , ἐπιτυγχάνοντας ἔτσι σοβαρὴ μείωση τῆς καταναλώσεως ἐνεργείας. Ἐπὶ τοῦ προκειμένου θὰ πρέπει νὰ ἀναφερθοῦν ὀρισμένες πρωτότυπες ιδέες ποῦ ἀλλάζουν τὴ μορφολογία τῆς συμβατικῆς κυψέλης. Εἶναι π.χ. ἡ ἐπίπλευση σὲ στήλη (*Column flotation*), σὲ ὑδροκυκλώνα μὲ προσαγωγή ἀέρος (*air-sparged hydrocyclone flotation*), σὲ πνευματικὴ κυψέλη (*pneumatic flotation cell*) κ.λπ. Ὅλες αὐτὲς οἱ ιδέες εὐρίσκονται στὸ στάδιο πειραματικῶν δοκιμῶν.

Στὸ σημεῖο αὐτὸ ἀξίζει νὰ γίνῃ ἰδιαίτερη μνεῖα τῆς μεθόδου στατικῆς ἐπιπλεύσεως ποῦ ἀναπτύχθηκε πρό τινων ἐτῶν ἀπὸ τὸ Ἴνστιτούτο Φυσικο-Χημείας τῆς Βουλγαρικῆς Ἀκαδημίας Ἐπιστημῶν. Τὸ κυριότερο χαρακτηριστικὸ τῆς μεθόδου εἶναι ὁ ἄριστος ἀερισμὸς τοῦ πολφοῦ κατὰ τὴ διέλευσίν του ὑπὸ μορφῇ λεπτοῦ στρώματος διὰ πορώδους ταινίας. Ἡ μέθοδος φέρεται νὰ παρουσιάζει, ἐκτὸς τοῦ στατικοῦ τῆς χαρακτῆρα, καὶ ἄλλα σοβαρὰ πλεονεκτήματα ὅπως ἡ καλύτερη ἐκλεκτικότης καὶ ἡ ἀποτελεσματικότερη σύλληψη τόσον τῶν χονδρότερον ὅσον καὶ τῶν λεπτότερον κόκκων σὲ σύγκριση μὲ τὴν κλασσικὴ ἐπίπλευση.

\*

Ἐπίπλευση, ὑδρομηχανικὸς ἢ μαγνητικὸς διαχωρισμὸς εἶναι λοιπὸν οἱ τρεῖς κυριαρχοῦντες τρόποι διὰ τῶν ὁποίων διενεργεῖται προωθημένη ἀφαίρεση στερίων ἀπὸ πτωχὰ

μεταλλεύματα και επιτυγχάνεται έτσι ο πραγματικός εμπλουτισμός των. Άλλοι τρόποι, όπως π.χ. ο ηλεκτροστατικός διαχωρισμός, έχουν πολύ περιορισμένη σημασία.

Και οι τρεις ως άνω τρόποι αντιμετωπίζουν, όπως έχουμε ήδη επισημάνει, ένα κοινό πρόβλημα. Πρόκειται περί της αδυναμίας συλλήψεως των πολύ λεπτών κόκκων, των λεγομένων «fines». Έτσι, οι λεπτοί κόκκοι ωφελίμου όρυκτου χάνονται στα άπορριπτόμενα στείρα. Η απώλεια επηρεάζει φυσικά την απόληψη και συνιστά σοβαρό μειονέκτημα.

Στὸν ὕδρομηχανικὸ καὶ μαγνητικὸ διαχωρισμὸ, ποὺ στηρίζονται σὲ φυσικὲς ιδιότητες τοῦ ὀρυκτοῦ, τὸ πρόβλημα τῶν «fines» εἶναι ὀξύτατο. Στὴν ἐπίπλευση ποὺ στηρίζεται σὲ φυσικο-χημικὲς ιδιότητες τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὀρυκτοῦ, τὸ πρόβλημα ἀμβλύνεται ἀλλὰ ἐξακολουθεῖ νὰ ὑπάρχει. Ὡς περιοχὴ ἀποδοτικῆς ἐφαρμογῆς τῆς ἐπιπλεύσεως ἀναφέρεται τὸ κοκκομετρικὸ κλάσμα  $-60+20 \mu\text{m}$ . Κάτω τοῦ μεγέθους  $20 \mu\text{m}$  ἡ ἐπίπλευση συναντᾷ δυσχέρειες ποὺ αὐξάνονται μὲ τὴ μείωση τοῦ κόκκου. Ὅπως δὴποτε, ὑπάρχει καὶ γιὰ τοὺς τρεῖς τρόπους ἐμπλουτισμοῦ ἀναπόφευκτη ἀπώλεια λόγῳ ἀδυναμίας ποὺ παρουσιάζουν στὴ σύλληψη λεπτομερῶν κόκκων. Ἡ ἀπώλεια αὐτὴ μπορεῖ νὰ λάβει ἐνίοτε σοβαρὲς διαστάσεις καὶ νὰ ἐπηρεάσει δυσμενῶς τὴν οἰκονομικότητα τοῦ ἐμπλουτισμοῦ. Εἶναι π.χ. ἡ περίπτωση τῆς ἐπιπλεύσεως ποὺ ἀπαιτεῖ, ὡς γνωστὸ, λειοτρίβηση καὶ μπορεῖ ἐνδεχομένως νὰ προκαλέσει ὑπέρμετρη παραγωγὴ ψιλῶν κόκκων.

Στὸ σημεῖο αὐτὸ πρέπει νὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ὑπάρχει σήμερα μεγάλη σύγχυση σὲ ὅ,τι ἀφορᾷ τὴν ἔννοια μὲ τὴν ὁποία χρησιμοποιεῖται στὸν ἐμπλουτισμὸ ὁ ὅρος «fines» ποὺ ἀποδώσαμε στὰ ἑλληνικὰ μὲ τὸν ὄρο «ψιλοὶ κόκκοι». Τελευταίως προτάθηκε, μὲ βάση τὴ συμπεριφορὰ τῶν λεπτομερῶν σωματιδίων στὸν ὕδρομηχανικὸ ἐμπλουτισμὸ, ἡ ἐξῆς ταξινόμηση τούτων:

Κολλοειδῆ σωματίδια	< 01 $\mu\text{m}$
Ἐπερλεπτομερῆ	< 05 »
Πολὺ λεπτομερῆ	< 20 »
Λεπτομερῆ	< 100 »
Ἐνδιάμεσα	< 500 »
Χονδρομερῆ	> 500 »

Καὶ μὲ τὸν ὄρο «slimes» χαρακτηρίζονται ὅλα τὰ σωματίδια κάτω τῶν  $50 \mu\text{m}$ . Τὰ «slimes» περιέχουν ἐπομένως τὰ πολὺ λεπτομερῆ σωματίδια, τὰ ὑπερλεπτομερῆ, τὰ κολλοειδῆ καὶ ἓνα μέρος τῶν λεπτομερῶν.

Τὸ μέγα καὶ ἐπεῖγον σήμερα πρόβλημα τοῦ ἐμπλουτισμοῦ εἶναι ἡ δυσχέρεια ἀνακτίσεως τῶν ὠφελίμων ὀρυκτῶν ἀπὸ τὰ slimes. Ἡ δυσχέρεια αὐτὴ ὑφίσταται καὶ στὰ τρία εἶδη ἐμπλουτισμοῦ: ὕδρομηχανικοῦ, μαγνητικοῦ, ἐπιπλεύσεως. Έτσι, ὁ ἐμπλουτισμὸς



προσφέρει ένα ευρύτατο πεδίο έρευνας προς την κατεύθυνση αναζητήσεως τρόπων αποδοτικού διαχωρισμού των ωφελίμων ορυκτών από τα *slimes*.

Στην περιοχή του υδρομηχανικού διαχωρισμού επινοήθηκαν ήδη διάφοροι πρωτότυποι διαχωριστές που βρίσκονται άκωμη στο στάδιο δοκιμής. Ένδεικτικώς αναφέρεται ο διαχωριστής *Bartles-Morley*, ο οποίος εύρισκεται υπό δοκιμή στις εγκαταστάσεις έμπλουτισμού των Μεταλλείων Κασσιτέρου της *Cornwall* Αγγλίας και φαίνεται να δίδει ικανοποιητικά αποτελέσματα στο κλάσμα  $-100+5 \mu\text{m}$ . Έργαστηριακές έρευνες εύρισκονται δέ εν εξέλιξει για διαχωρισμό υπερψιλομερών σωματιδίων ( $-5+1 \mu\text{m}$ ) με χρήση φυγοκέντρου δυνάμεως.

Σχετική προώθηση του προβλήματος της ανακτήσεως των ωφελίμων ορυκτών από τα *slimes* σημειώθηκε και στην περιοχή του μαγνητικού έμπλουτισμού, με την ανάπτυξη των υγρῶς λειτουργίας ύψηλης έντάσεως μαγνητικῶν διαχωριστῶν (*Whims*), περί των οποίων έγινε ήδη λόγος. Οί διαχωριστές αυτοί επέτρεψαν, εκτός άλλων, τη διεύρυνση του πεδίου εφαρμογῆς προς λεπτομερέστερα κλάσματα και συναγωνίζονται ήδη την επίπλευση σέ ορισμένες περιπτώσεις, όπως π.χ. ο έμπλουτισμός πτωχῶν μεταλλευμάτων αιματίτη.

Όπως έχουν σήμερα τὰ πράγματα, ο άποτελεσματικότερος τρόπος ανακτήσεως των ωφελίμων ορυκτών από τὰ λεπτομερή κλάσματα είναι ο έμπλουτισμός δι' επίπλευσεως. Στην επίπλευση οί δυσχέρειες έμφανίζονται συνήθως στην περιοχή των πολύ λεπτομερών ( $< 20 \mu\text{m}$ ) και έντεινεται με τὰ υπερλεπτομερή ( $< 5 \mu\text{m}$ ) και τὰ κολλοειδή ( $-1 \mu\text{m}$ ). Οί δυσχέρειες όμως αυτές μπορούν ένδεχομένως νά αντιμετωπισθοῦν σέ κάποιο βαθμό δι' επεμβάσεων που επηρεάζουν την κινητική τῆς επίπλευσεως. Είναι γνωστό ότι δέν είναι ή δυνατότητα αλλά ή ταχύτητα τῆς επίπλευσεως που μειώνεται με τὸ μέγεθος των σωματιδίων, και τοῦτο διότι ή πιθανότητα συγκρούσεως τούτων μετὰ των φυσαλίδων του άέρος καθίσταται μικρότερα. Είναι επομένως λογικό νά αναμένεται κάποια λύση του προβλήματος δι' αύξήσεως του χρόνου επίπλευσεως και τῆς λήψεως μέτρων για παραγωγή μεγάλου αριθμού μικρῶν φυσαλίδων. Ίδου λοιπόν μιὰ κατεύθυνση ενδιαφέρουσας έρευνας.

Έδῶ όμως πρέπει νά λεχθεῖ ότι, προκειμένου περι επίπλευσεως, ή παρουσία των πολύ λεπτομερών σωματιδίων και γενικότερα των *slimes* μπορεί νά είναι ανεπιθύμητος για άλλους λόγους. Πράγματι, λόγω τῆς μεγάλης επιφάνειάς τους καταναλίσκουν μεγάλες ποσότητες αντιδραστηρίων, αύξάνουν τὸ ιζῶδες του πολφου κ.λπ. Ἄφ' ετέρου, ή μεγάλη τιμή τῆς επιφανειακῆς ενέργειάς τους δυσχεραίνει την εκλεκτική προσρόφηση των αντιδραστηρίων, ένῶ ή μικρή μάζα των τὰ διευκολύνει νά παρασύρονται στον άφρό, όπου μειώνουν την περιεκτικότητα του συμπυκνώματος, έφ' ὅσον πρόκειται περι σωματιδίων στεί-

ρων. Δι' ὅλους αὐτοὺς τοὺς λόγους ἀποτελεῖ συνήθη πρακτικὴ ἢ προκαταρτικὴ ἀπομάκρυνση τῶν *slimes* ἀπὸ τὸ κύκλωμα τῆς ἐπιπλεύσεως, γνωστὴ ὡς «*disliming*».

Παρὰ τὴν παραπάνω παρατήρηση, ἡ δι' ἐπιπλεύσεως ἀνάκτηση τῶν ὠφελίμων ὀρυκτῶν ποὺ περιέχονται στὰ *slimes* παραμένει πρόβλημα ἀνοικτὸ γιὰ ἔρευνα καὶ συγκεντρῶναι μεγάλο ἐνδιαφέρον. Προσπάθεια γίνεται σήμερα πρὸς τὶς ἐξῆς κυρίως κατευθύνσεις: ἐκλεκτικὴ κροκίδωση καὶ συσσωμάτωση (*selective flocculation and agglomeration*), ἐπίπλευση μὲ προσαγωγή καὶ διάλυση ἀέρος (*air and dissolved air flotation*), ἐπίπλευση σὲ στήλη (*column flotation*), ἠλεκτρολυτικὴ ἐπίπλευση (*electrolytic flotation*). Ἄξιζι νὰ ἐπισημανθεῖ ὅτι ἡ τελευταία αὐτὴ βασίζεται στὴν ἐπίδραση ποὺ ἐξασκεῖ ἡ παρουσία πολυαριθμῶν μικρῶν φυσαλίδων ὑδρογόνου καὶ ὀξυγόνου, τὰ ὁποῖα προέρχονται ἀπὸ ἠλεκτρολυτικὴ διάσπαση τοῦ ὕδατος τοῦ πολφοῦ.