



Τεχνολογικό
Πανεπιστήμιο
Κύπρου

Σχολή Γεωτεχνικών
Επιστημών και
Διαχείρισης
Περιβάλλοντος

Διδακτορική διατριβή

**ΦΑΣΜΑΤΟΣΚΟΠΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ RAMAN ΚΑΙ FTIR
ΤΩΝ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΩΝ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ ΜΕ
ΣΟΥΛΦΙΔΙΚΑ ΟΡΥΚΤΑ**

Αναστασία Αδάμου

Λεμεσός, Σεπτέμβριος 2018

Έντυπο έγκρισης

Διδακτορική διατριβή

Φασματοσκοπικές μελέτες RAMAN και FTIR των αλληλεπιδράσεων μικροοργανισμών με σουλφιδικά ορυκτά

Παρουσιάστηκε από

Αναστασία Αδάμου

Επιβλέπων καθηγητής: Δρ.Βαρότσης Κωνσταντίνος, Καθηγητής

Υπογραφή _____

Μέλος επιτροπής: Δρ.Άγγελος Δημήτριος, Καθηγητής

Υπογραφή _____

Μέλος επιτροπής: Δρ.Τσάλας Δημήτρης, Αναπληρωτής Καθηγητής

Υπογραφή _____

Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Λεμεσός, Σεπτέμβριος 2018

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η βιοεκχύλιση είναι μια διεργασία εκχύλισης μετάλλων από χαμηλής περιεκτικότητας μεταλλεύματα κατά την οποία επιστρατεύεται η χρήση μικροοργανισμών και αποτελεί κατά κύριο λόγο ένα διεπιφανειακό φαινόμενο αλληλεπίδρασης. Σ' αυτή την βιολογική επεξεργασία, η μεταβολική δράση των εμπλεκόμενων μικροοργανισμών προάγει την παραγωγή φορτισμένων οξειδωτικών παραγόντων οι οποίοι επιτίθενται στην ορυκτή επιφάνεια απελευθερώνοντας τα μεταλλικά ιόντα. Η προσκόλληση βακτηρίων διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην έναρξη αυτής της βιοδιαδικασίας, καθώς μέσω των προσαρτημένων μικροοργανισμών επιτελείται η οξείδωση του θειούχου ιόντος (S^{2-}) προς θειικό (SO_4^{2-}) απελευθερώνοντας ιόντα δισθενούς σιδήρου (Fe^{2+}) τα οποία οξειδώνονται περαιτέρω σε ιόντα τρισθενούς σιδήρου (Fe^{3+}) δρώντας ως οξειδωτικοί παράγοντες στη διαλυτοποίηση των θειούχων μεταλλευμάτων με επακόλουθη αύξηση του ρυθμού εκχύλισης των εμπλεκόμενων μετάλλων. Σ' αυτό το πλαίσιο, ο σχηματισμός βιοφίλμ, δηλ. κοινότητες μικροοργανισμών ενσωματωμένες σε μια μήτρα εξωκυτταρικών πολυμερικών ουσιών (EPS), είναι απαραίτητος για την προσάρτηση τέτοιων μικροοργανισμών στην επιφάνεια των ορυκτών καθώς έτσι παρέχεται ένας διευρυμένος χώρος αντίδρασης μεταξύ της επιφάνειας του ορυκτού και των κυττάρων. Εκεί, συσσωρεύονται ιόντα τρισθενούς σιδήρου όπου σχηματίζονται σύμπλοκα με τις λειτουργικές ομάδες των EPS, δρώντας ως μεσολαβητές οξειδωτικής επίθεσης προς τα θειούχα μεταλλεύματα.

Απώτερος σκοπός της μελέτης είναι να παρέχει μια προσέγγιση για το ρόλο της μικροβιακής προσκόλλησης στη δυναμική του διεπιφανειακού φαινομένου αλληλεπίδρασης μικροοργανισμών-θειούχων μεταλλευμάτων χρησιμοποιώντας ως βασικά εργαλεία την υπέρυθη μικρο-φασματοσκοπία και την φασματοσκοπία Raman. Προκειμένου να επιτευχθεί αυτό, κρίνεται απαραίτητη η μελέτη πολύ καλά χαρακτηριζόμενων επιφανειών που έρχονται σε επαφή με βακτήρια. Τα αποτελέσματα που θα προκύψουν από τέτοια ελεγχόμενα περιβάλλοντα μπορούν να επεκταθούν προκειμένου να εξηγήσουν τη συμπεριφορά των μικροοργανισμών σε πολύ πιο περίπλοκα περιβαλλοντικά συστήματα.

Λέξεις κλειδιά: Βιοεκχύλιση, εξωκυτταρικές πολυμερικές ουσίες, βιοφίλμ, σουλφιδικά ορυκτά, οξεόφιλοι μικροοργανισμοί.

ABSTRACT

The bioleaching is a process of extracting metals from low-grade minerals, in which the use of microorganisms is employed and is primarily an interfacial phenomenon of metal-biosurface interaction. In this bioprocess, the metabolic activity of the involved microorganisms promotes the production of oxidizing agents which attack the mineral surface releasing metal ions of interest. Bacterial adhesion plays a fundamental role in the initiation of bioprocess, since the adhered cells oxidize the sulphide ion (S^{2-}) to sulphate (SO_4^{2-}) releasing ferrous ions (Fe^{2+}) that are further oxidized to ferric ions (Fe^{3+}) acting as oxidizing agents in the dissolution of sulphide minerals with a consequent increase in the extraction rate of the metals involved. In this context, the formation of biofilms bearing communities of microorganisms, immobilized into a matrix of extracellular polymeric substances (EPS), is essential for the attachment of such microorganisms on the mineral surface, providing thereby an expanded reaction space between the mineral surface and the cells. There, ferric ions (Fe^{3+}) accumulate and complexes are formed with the functional groups of EPS acting as mediators of oxidative attack to sulphide ores.

The ultimate aim of the study is to provide an approach to the role of biofilm and microbial adhesion in the dynamics of the interfacial phenomenon of microorganisms-sulphide minerals interaction; using Infrared Microscopy and Raman Spectroscopy as basic tools. In order to achieve this, it is necessary considered to study well-characterized surfaces that come in contact with bacteria, biofilm formation and secretion of extracellular polymeric substances as well as to monitor the biosynthesis of the passivation layers on the mineral surfaces. Results from such controlled environments can be expanded to explain the behaviour of microorganisms in much more complex environmental systems.

Keywords: Bioleaching, extracellular polymeric substances, biofilm, sulphide minerals, oxeophilic microorganisms.