

**БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ МЕЗОФИЛЬНЫХ
АБОРИГЕННЫХ СООБЩЕСТВ ХЕМОЛИТОТРОФНЫХ
МИКРООРГАНИЗМОВ В ХОДЕ ОКИСЛЕНИЯ СУЛЬФИД-
НОЙ РУДЫ КОБАЛЬТ-МЕДНО-НИКЕЛЕВОГО
МЕСТОРОЖДЕНИЯ ШАНУЧ (КАМЧАТКА)**

О.О. Левенец, Т.С. Хайнасова, С.В. Мурадов

*Научно-исследовательский геотехнологический центр (НИГТЦ) ДВО
РАН, Петропавловск-Камчатский*

**BIOLOGICAL ACTIVITY OF MESOPHILIC ABORIGINAL
ASSOCIATIONS OF CHEMOLITOTROPHIC
MICROORGANISMS DURING THE OXIDATION
OF SULFIDIC ORE OF COBALT-COPPER-NICKEL
DEPOSIT SHANUCH (KAMCHATKA)**

O.O. Levenets, T.S. Khainasova, S.V. Muradov

Research Geotechnological Centre FED RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky

Одним из перспективных направлений микробной биотехнологии является бактериальное окисление сульфидных руд. Бактериально-химические способы позволяют увеличить комплексность извлечения металлов и не требуют создания сложных горнодобывающих комплексов, тем самым снижая капитальные затраты (Каравайко и др., 1989; Bosecker, 1997). Особая ценность биогеотехнологии заключается в минимальном воздействии на окружающую среду. Однако одним из главных недостатков процессов, в частности бактериального окисления (БО) или биовыщелачивания (БВ), является довольно большая продолжительность (90–120 часов). Поэтому основные исследования последних лет, наряду с разработкой БВ различных концентратов, направлены на разработку методов интенсификации процесса. Одним из направлений интенсификации процесса БВ является повышение активности применяемых культур микроорганизмов (Адамов, Панин, 2003). Использование в БВ не чистых культур, а сообществ микроорганизмов в этом случае, пожалуй, более приоритетно. Это объясняется тем, что формирующие сообщества микроорганизмы различаются по используемым энергетическим субстратам (железо-, сероокисляющие бактерии) и, следовательно, способны более комплексно использовать химические соединения, входящие в состав руды.

Нами был проведен эксперимент, цель которого заключалась в выявлении наиболее эффективного аборигенного сообщества микроорганизмов, выделенного из кобальт-медно-никелевого месторождения Шануч, в процессе окисления сульфидной руды данного месторождения. В эксперименте использовались три накопительные культуры сообществ микроорганизмов, выделенных из разных экологических ниш месторожде-

ния Шануч: руды, не подвергавшейся окислению (неокисленной); руды из отвального участка с интенсивными окислительными процессами и из измельченной руды (степени измельчения $95\% \pm 44$ мкм), подготовленной для дальнейшей технологической обработки.

Выщелачивание проводили в рабочем объеме 500 мл, который включал руду (степени измельчения $95\% \pm 44$ мкм) и накопительную культуру микроорганизмов. Плотность пульпы т:ж составила 1:10. Исходное содержание металлов следующее: Ni – 5,53 %, Cu – 0,85 %, Co – 0,14 %. Эксперимент проводили при 28–30 °C в течение 333 ч с аэрацией, поддержанием pH на уровне 1,7–2,0 с помощью 10N H₂SO₄. Эффективность сообществ, определяющаяся их окислительной активностью, оценивалась по максимальной концентрации металлов (никель, медь, кобальт), вышедших в раствор в процессе БВ.

Поскольку экологические условия местообитаний аборигенных сообществ микроорганизмов значительно отличались, то, соответственно, они обладали различной биологической активностью. Наибольшую эффективность и продуктивность в БВ руды месторождения Шануч показало сообщество, выделенное из измельченной руды (степени измельчения $95\% \pm 44$ мкм). Выход металлов в раствор составил: Ni²⁺ = 15,60 %, Cu²⁺ = 5,55 %, Co²⁺ = 9,89 %. Вторым по эффективности явилось сообщество микроорганизмов, выделенное из зоны с интенсивными окислительными процессами. По сравнению с предыдущей культурой оно показало меньший выход металлов в раствор, концентрации составили: Ni²⁺ = 11,26 %, Cu²⁺ = 5,26 %, Co²⁺ = 5,90 %. Наихудший результат в БВ продемонстрировала культура, выделенная из неокисленной руды. Процентное содержание растворенных металлов оказалось следующим: Ni²⁺ = 5,91 %, Cu²⁺ = 0,63 %, Co²⁺ = 2,51 %.

Высокую, по сравнению с остальными культурами, биологическую активность микроорганизмов, выделенных из измельченной руды, объясняли преимуществом при начальном культивировании и накоплении микроорганизмов на мелкодисперсной фракции руды, т. е. клетки уже были адаптированы к размеру частиц субстрата. Однако общую концентрацию металлов, вышедших в раствор, нельзя считать высокой.

Невысокие показатели выхода металлов в раствор имеют несколько причин. Во-первых, отсутствие активного перемешивания затрудняло микроорганизмам доступ к субстрату, и фактически выщелачиванию подвергался верхний слой руды. Во-вторых, сообщества микроорганизмов долгое время культивировались на синтетической среде и не были подвергнуты предварительной адаптации к условиям процесса. Данный эксперимент позволил оценить окислительную активность неадаптированных штаммов и сделать предварительные выводы о перспективе использования в БВ каждого из них. Таким образом, полученные результаты служат основой для дальнейших исследований, касающихся, в частности, процессов адаптации микроорганизмов непосредственно к технологическому процессу.

ЛИТЕРАТУРА

Адамов Э.В., Панин В.В. 2003. Биотехнология металлов. М. : МИ-СиС. 147 с.

Каравайко Г.Н., Кузнецов С.И., Голомзик А. И. 1972. Роль микроорганизмов в выщелачивании металлов из руд. М. : Наука. 248 с.

Bosecker K. 1997. Bioleaching: metal solubilization by microorganisms // FEMS Microbiol. Rev. Vol. 20. P. 591–604.