

ВЫЩЕПАЧИВАНИЕ МЕТАЛЛОВ МЕЗОФИЛЬНЫМИ И ТЕРМОФИЛЬНЫМИ ХЕМОЛИТОТРОФНЫМИ БАКТЕРИЯМИ

Н.С.ВАРТАНЯН

Институт микробиологии НАН Армении, 378510, г. Абовян

Проведено сравнительное изучение активности мезофильных и термофильных серо- и железooksисляющих хемолитотрофных бактерий в окислении пирита и отвала руды Шамлугского месторождения. Установлено преимущество термофильных бактерий в извлечении металлов даже при ведении процесса выщелачивания в мезофильных условиях.

Применение ассоциаций разных видов хемолитотрофных бактерий в процессах выщелачивания показало, что эффективность "универсальных" серо- и железooksисляющих бактерий в извлечении металлов значительно повышается при их совместном выращивании со специализированными сероooksисляющими бактериями.

Կոմպարիվ է պիրիտի և Շամլուղի հանքավայրի հանքաքարային բնույթի առարկազման բնագրում մեզոֆիլ և թերմոֆիլ բակտերիաների օկսիդացումը համեմատական ուսումնասիրություն: Պարզվել է, թերմոֆիլ բակտերիաների առավելությունը մետաղների կորզման գործում նույնիսկ տաքավազման պրոցեսը մեզոֆիլ պայմաններում վարելու: Քիմոֆերոստոֆ, բակտերիաների տարբեր տեսակների համակոորդյունների կիրառումը առարկազման պրոցեսում ցույց է տվել, որ ծծումբ և երկաթ օքսիդացնող ունիֆերոստ բակտերիաների արդյունավետությունը մետաղների կորզման պրոցեսում զգալիորեն բարձրանում է ծծումբ օքսիդացնող մանուսկրոսպիլում բակտերիաների հետ եւստանալ: ունեւնում սխալանելիւմ:

Comparative activities of mesophilic and thermophilic bacteria in leaching of pyrite and Shamlugh dump ores in Armenia have been studied. The superiority of thermophilic bacteria in metal recovery even when leaching process is carried out at the mesophilic conditions has been established. The efficiency of universal sulfur and iron oxidizing bacteria was considerably increased in the combination with sulfur oxidizing bacteria.

Хемолитотрофные бактерии-выщелачивание металлов.

В практике бактериального выщелачивания металлов из руд и отвалов в основном используются "универсальные" серо- и железooksисляющие бактерии *Thiobacillus ferrooxidans* [1]. Однако микрофлора сульфидных месторождений Армении представлена широким разнообразием хемолитотрофных бактерий. Среди них впервые описанные в Армении бактерии *Leptospirillum ferrooxidans*,

способные окислять только закисное железо [4], и *Thiobacillus organopagus*, участвующие в окислении восстановленных соединений серы [5].

Исследованиями ряда авторов показана перспективность использования термофильных бактерий в выщелачивании металлов, в частности, в предобработке золотосодержащих руд и концентратов с целью увеличения выхода ценного металла при его получении традиционным методом [7,9]. Нами из сульфидных месторождений республики выделен и описан новый подвид умеренно термофильной бактерии *Sulfobacillus thermosulfidooxidans*, способный окислять закисное железо и элементную серу [3]. Подробная морфофизиологическая характеристика представлена в ряде работ [2].

Настоящая работа посвящена изучению сравнительной активности мезофильных и выделенных нами термофильной серо- и железосооксиляющей бактерий и их ассоциаций в выщелачивании меди и железа.

Материал и методика. Объектом исследования служили выделенные нами следующие виды хемолитотрофных бактерий: *T. ferrooxidans* (шт.4), *L. ferrooxidans* (шт.50), *T. organoparus* (шт.13) и термофильный *S. thermosulfidooxidans* (шт.41). Бактериальному выщелачиванию подвергали минерал железа-пирит (FeS_2) и отвал 4-7 забалансовой руды "Шамлугского месторождения". Опыты по выщелачиванию проводили в колбах Эрленмейера в условиях периодического культивирования бактерий в режиме встряхивания (180 об/мин). В качестве выщелачивающего раствора служили среды: Летена [1] - при использовании мезофильных бактерий; Брайерли [1] - при использовании термофильной бактерии. Биомассу бактерий определяли по белку методом Лоури. Количество ионов железа определяли комплексометрически трилоном Б. Медь определяли колориметрически [6].

Результаты и обсуждение. В табл. I приведены данные сравнительной активности термоацидофильных и мезофильных серо- и железосооксиляющих бактерий в выщелачивании пирита.

Как показывают данные таблицы, окисление пирита ускоряется в 4,8 раза в присутствии *T. ferrooxidans* и 6,3 раза в присутствии *S. thermosulfidooxidans* (шт.41) по сравнению с химическим контролем. Следует отметить, что превосходство термоацидофильной бактерии в выщелачивании железа при окислении пирита наблюдается при температуре 30°C, не являющейся оптимальной для данной культуры

Таблица 1. Выщелачивание железа при окислении пирита мезофильными и термофильными серо- и железсокисляющими бактериями; (время культивирования -12 дней, т.ж- 1:20, 30°)

Использованные штаммы бактерий	pH начальный/ конечный	Количество выщелачен- ного Fe, мг/л	Биомасса, балок г/л
Контроль без бактерий	1,9/1,9	532±0	-
<i>T ferrooxidans</i> , шт 4	1,9/1,5	2576±21	0,048
<i>L ferrooxidans</i> , шт 50	1,9/2,0	532±14	0
<i>S thermosulfidooxidans</i> subp. asporogenes, шт 41	1,9/1,4	3360±13	0,089

Никакой активности в окислении пирита не проявляют бактерии *L.ferrooxidans*, способные окислять Fe^{2+} .

О высокой окислительной активности термоацидофильной бактерии свидетельствуют также данные об изменении pH среды и увеличении биомассы бактерий (табл. 1).

Выщелачивание отвала руды Шамлугского медно-колчеданного месторождения (Алаверди) проводилось в условиях периодического культивирования бактерий. Результаты опытов представлены в табл.2.

Таблица 2. Выщелачивание отвала руды Шамлугского месторождения чистыми культурами хемолитотрофных бактерий и их ассоциациями (время культивирования- 26 дней, pH 2,4, т.ж-1:5,30°)

Использованные штаммы бактерий	Конечный pH	Выделено мг/л	
		Fe	Cu
Контроль без бактерий	3,0	252±0	50
<i>T.ferrooxidans</i> , шт 4	1,8	2016±14	120
<i>L.ferrooxidans</i> , шт.50	2,85	532±14	60
<i>S thermosulfidooxidans</i> subsp. asporogenes шт.41	1,9	1992±21	120
<i>T.organoparus</i> шт.13	3,05	224±0	50
<i>T.ferrooxidans</i> шт.4+			
+ <i>T.organoparus</i> шт.13	1,8	2292±8	135
<i>L.ferrooxidans</i> шт.50+			
+ <i>T.organoparus</i> шт.13	2,9	730±14	70
<i>S Thermosulfidooxidans</i> subsp. asporogenes шт.41+			
+ <i>T.organoparus</i> шт.13	2,6	2346±13	130

Как показывают данные табл.2, по активности выделения железа и меди при выщелачивании отвала руды термоацидофильные бактерии не уступают *T.ferrooxidans*, ускоряя процесс примерно в 8 раз. В присутствии *L.ferrooxidans* выделение железа увеличивалось

всего в 2,1 раз. Никакого ускорения процесса окисления руды не наблюдалось при использовании сероокисляющей бактерии *T.organoparus*. Однако при совместном выращивании *T.organoparus* с культурами *T.ferrooxidans*, *L.ferrooxidans* и *S.thermosulfidoxidans* наблюдалось значительное увеличение скорости окисления Fe^{2+} по сравнению с монокультурами. Так, выделение железа при окислении руды ускорилось в 9,1; 2,9 и 9,3 раза в ассоциации *T.organoparus* соответственно с *T.ferrooxidans*, *L.ferrooxidans* и *S.thermosulfidoxidans*.

Ускорение процесса окисления руды ассоциацией ускоренно культивируемой бактерии *L.ferrooxidans* и сероокисляющей бактерии *T.organoparus* можно объяснить получением эффекта "универсальной" бактерии при их совместном выращивании. Что касается положительного эффекта ассоциации *T.organoparus* с "универсальными" бактериями, то это может быть связано с другой проблемой.

Известно, что сульфидоокисляющая способность хемолитотрофных бактерий складывается из собственно сульфидоокисляющей активности, а также серо- и железобактериальной активности [8]. Предполагается, что Fe^{2+} является предпочтительным субстратом для "универсальных" бактерий *T.ferrooxidans* и *S.thermosulfidoxidans*. Поскольку в выщелачивающих растворах всегда имеется достаточное его количество, то сероокисляющая активность этих бактерий зачастую подавляется или очень слабо выражается. Поэтому внесение сероокисляющей бактерии в выщелачивающую систему приводит к дополнительному образованию серной кислоты, что в свою очередь способствует ускорению окисления сульфидных минералов.

Таким образом, термоацидофильные бактерии *S.thermosulfidoxidans* превосходят *T.ferrooxidans* как в окислении сульфидных минералов, так и сульфидных руд. Внесение в выщелачивающую систему сероокисляющей бактерии приводит к значительной интенсификации процесса окисления как при участии *T.ferrooxidans*, так и *S.thermosulfidoxidans*.

Выполнение данной работы частично обеспечивалось грантами МНФ (Сороса) RY 1000 и Ассоциаций ИНТАС ЕС 93-3512.

ЛИТЕРАТУРА

1 Биотехнология металлов. Под ред. Караадыко Г.И. и Грудева С.Н. М. Центр международных проектов ГКНТ, 1985.

2. Вартанян Н.С., Каравайко Г.И., Пивоварова Т.А. Микробиология, 59, 3, 411-417, 1990.
3. Вартанян Н.С., Пивоварова Т.А., Цаплина И.А., Пысенко А.М., Каравайко Г.И. Микробиология, 57, 2, 268-274, 1988.
4. Маркосян Г.Е. Биолог. журн. Армении, 25, 2, 26-29, 1972.
5. Маркосян Г.Е. Докл. АН СССР, 211, 5, 1205-1208, 1973.
6. Резников А.А., Муликовская Е.П., Соколов И.Ю. Методы анализа природных вод М., 1970.
7. Balluff J., Ewart D.K., Hushes M.H., Poole R.K. J. Inorg. Biochem., 43, 2-3, 484, 1991.
8. Espejo R.T., Escobar B., Jedlicki E., Uribe P., Ohlbaum R.B. Appl. Envir. Microbiol., 54, 7, 164-169, 1988.
9. Hutchins S.R., Brierley J.A., Brierley C.L. Mining Eng. USA, 40, 4, 249-254, 1988.

Поступила 11.X.1994

Биолог. журн. Армении, 1 (48), 1995

УДК 576. 851. 5

ОБ ЭКОЛОГИИ ЭКСТРЕМОФИЛЬНЫХ ФОРМ БАЦИЛЛ В ОСНОВНЫХ ТИПАХ ПОЧВ АРМЕНИИ

А.А. ХАЧАТУРЯН, Н.Л. КАЗАНЧЯН, Н.С. ХАЧАТУРЯН, М.О. АДАМЯН, Л.А.
ХАЧИКЯН

Институт микробиологии НАН Армении, 378510 г. Абовян

Установлено, что факультативно термофильные и алкалофильные формы бацилл распространены в разной степени во всех основных типах почв Армении. облигатные термофилы вида *Bacillus stearothermophilus* встречаются в черноземных, горно-каштановых, лугово-бурых орошаемых почвах и в мелиорированных солончаках. облигатно алкалофильные штаммы бацилл - *B. alcalophilus* и *B. alcalophilus "subsp. halodurans"* обнаруживаются в каштановых, бурых и особенно в солончаковых почвах. Термо-ацидофильные штаммы выделяются из лесных почв и черноземов. Галофилы определяются в карбонатных черноземах, бурых и солончаковых почвах.

Հաստատված է, որ Հայաստանի բոլոր հիմնական հողատիպերում բացիլների ֆակուլտատիվ ջերմասեր և հիմնասեր ձևերը տարածված են տարբեր քանակությամբ: Օբլիգատ ջերմասեր *Bacillus stearothermophilus* տեսակի բացիլները հանդիպում են սևահողերում, միլիտրացված աղուտ-ալկալի հողերում: Օբլիգատ հիմնասեր *B. alcalophilus* և *B. alcalophilus "subsp. halodurans"* տեսակների շտամները հայտնաբերվում են շագանակագույն, գորշ և, հատկապես, աղուտ-ալկալի հողերում:

Ջերմաթրոփիլները բացիլների շտամները մեկատուցվում են անտառային և շագանակագույն հողերից:

Աղասեր բացիլները սրռշվում են կարրոնատային սևահողերում, գորշ և աղուտ-ալկալի հողերում:

The distribution of various quantity of facultative thermophilic and alkalophilic forms of bacilli in all main types of soils of Armenia was revealed. The obligative thermophiles of species *Bacillus stearothermophilus* appeared in the chernozems, mountain-chesnut, meadow-brown irrigated and in meliorated salted soils. The obligative alkalophilic strains of bacilli *B. alcalophilus* and *B. alcalophilus "subsp. halodurans"* are found in chesnut, brown and especially in salted soils. The thermoeidophilic strains are distinguished in forest soils and chernozems. The halophiles are determined in carbonate chernozems, brown and salted soils.