

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF BIOLOGICAL AND MEDICAL

ISSN 2224-5308

Volume 4, Number 322 (2017), 128 – 133

A. A. Otarbekova<sup>1</sup>, A. U. Isayeva<sup>1</sup>, A. T. Berdibekova<sup>2</sup>, D. E. Kudasova<sup>1</sup>, G. A. Bayseitova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>M. Auezov South-Kazakhstan State university, Shymkent, Kazakhstan,

<sup>2</sup>South Kazakhstan State Pedagogical Institute, Shymkent, Kazakhstan.

E-mail: dariha\_uko@mail.ru

## STUDY OF THE MAJOR ACIDOPHILIC BACTERIA FOUND IN THE MINE OF POLYMETALS

**Abstract.** The article considers the creation of new biotechnologies for the production of metal sulphides based on pure cultures and consortia of acidophilic sulfate-reducing bacteria, identified and characterized by the methods of microbiology, biochemistry and metagenomics. The composition and phylogenetic diversity of the analyzed microbial communities of sediments of tailing dumps of mining enterprises will be characterized by high-performance sequencing of fragments of 16S ribosomal RNA genes and a total metagenome, which will identify strains capable of performing sulfate reduction and characterize their metabolic potential. Based on the data on the metabolic potential of strains isolated from sedimentary deposits of the tailing dumps of mining enterprises, pure cultures of sulfate-reducing bacteria that retain sulfide activity under periodic oxygen exposure conditions, consistently high values of the redox potential (Eh) and pH values not exceeding 3, and also the content of metal ions in the pore waters is not lower than 0.5 g/L. The producer strains must ensure the formation of metal sulfides at oxygen concentrations in the gaseous phase of at least 0.02% and have a relative resistance to the products of incomplete oxygen reduction due to the presence of antioxidant protection in the cells of the enzymes, and also to ensure the formation of metal sulphides at initial pH values not exceeding 3.0. The precipitation of metal sulphides with new isolates and/or consortia of strains of microorganisms should occur in solutions containing heavy metal ions, which will allow to develop an essentially new one-stage process of biotechnological extraction of metals from waste from the mining industry.

**Keywords:** sulphate reducing bacteria, acidophiles, metal sulphides, resistance to metals, microorganisms, aerotolerance, metagenomics, sulphide ore wastes.

ӘОЖ 579.8.06

A. A. Отарбекова<sup>1</sup>, А. У. Исаева<sup>1</sup>, А. Т. Бердибекова<sup>2</sup>, Д. Е. Кудасова<sup>1</sup>, Г. А. Байсеитова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, Шымкент, Қазақстан,

<sup>2</sup>Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік педагогикалық институты, Шымкент, Қазақстан

## ПОЛИМЕТАЛЛДЫ КЕН ОРЫНДАРЫ ҚҰРАМЫНДАҒЫ КЕЗДЕСЕТІН АЦИДОФИЛЬДЫ БАКТЕРИЯЛАРДЫҢ НЕГІЗГІ ӨКІЛДЕРІН ЗЕРТТЕУ

**Аннотация.** Мақалада микробиология, биохимия және метагеномикада әдістермен сипатталған және айқындалған, ацидофильді сульфатредуцирлеуші бактериялар консорциумдар мен таза культураларына негізделген, сульфидті металдар алудың биотехнологиясы қарастырылады. Тау кен өндіруші кәсіпорындардың шөгінділерінің сағалары талданатын микробтық қауымдастықтардың құрамы және филогенетикалық алуантүрлілігі РНК рибосомасы мен метагеном жиынтығының 16S гендер үзіндісін жоғары өнімді секвенирлеумен сипатталады, нәтижесінде сульфатредукцияны жүзеге асыруға қабілетті штамдар сәйкестендіріледі және олардың метаболикалық потенциалы сипатталады. Тау-кен өндіру кәсіпорындарының шөгінді шөгінділерінің сағаларынан штамдар молекулалық әдістермен сәйкестендірілген метаболикалық потенциалы

мәліметтері негізінде оттегінің кезеңдік әсері, тұрақты жоғары тотығу-тотықсыздану потенциалы шамалары (Eh) және рН мәндері 3 жоғары емес кезіндегі жағдайларда сульфидті белсенділікті сақтайтын, сульфатты редуцирлеуші бактериялардың таза культуралары бөлініп алынды, сонымен қатар, кеуекті суларда металдар иондарының құрамы 0,5-тен 0,5 г/л төмен болмау керек. Штаммдар-продуценттер газ фазасында оттегі концентрациясы 0,02%-ға кем емес кезінде металдар сульфидтерінің түзілуін қамтамасыз етеді және жасушаларында ферменттер антитотықтырудан қорғау есебінен өнімдерде оттегінің толық емес тотықсыздануында салыстырмалы тұрақтылыққа ие, сонымен қатар, бастапқы рН мәндері 3,0 аспайтын кезінде металл сульфидтерінің түзілуін қамтамасыз етеді. Металдар сульфидтерін микроорганизмдер штамдарының жаңа изолятами және/немесе консорциумдармен тұндыру ерітінділерде жүреді, онда құрамында ауыр металдардың иондары кездеседі, бұл тау-кен өндіру өнеркәсібі қалдықтарынан металдарды биотехнологиялық алудың принципиалды жаңа бір сатылы процесін жасауға мүмкіндік береді.

**Түйін сөздер:** сульфатредуцирлеуші бактериялар, ацидофилдер, металл сульфидтері, микроағзалардың металдарға тұрақтылығы, аэротолеранттылығы, метагеномикасы, сульфидты қалдықтар.

Түсті металл кен орындарында сульфидті минералдардың және қарапайым күкірт пен тотықпаған темірдің тотығуына тион бактериялары мен бірқатар термофильды микроағзалар қатысады. Мезофильды жағдайда тотығу үрдістерінде гидрometаллургияда кеңінен қолданылып жүрген ацидофильды тион бактериялары маңызды рөл атқарады, бірақта аталмыш бактерияларды кен өндірісі саласында қолдану кен және қалдық құрамындағы металдарды сілтісіздендірудегі *Sulfolobus* және *Sulfobacillus* туысына жататын термоацидофильды бактерияларының қолданылу мүмкіндігін жоғалтпайды [1-3].

Көптеген әртүрлі кен орындарында нитрофицирлеуші микроағзалар түрлері жиі кездеседі, бұл микроағзалардың бағалы металдарды сілтісіздендірудегі және концентраттаудағы қабілеті жоғары. Осы микроағзалардың физиологиялық және биохимиялық қасиетін зерттеу биогeотехнологиядағы шешімін таба алмай тұрған міндеттердің шешімін табуға мүмкіндік береді. Хемоавтотрофты жолмен тион бактерияларының таралуы көпшілік жағдайда күкірт қосылыстарының тотығу үрдісіне байланысты болады.

Табиғаттағы табиғи күкірттің негізгі массасы кенорындарындағы сульфат және сульфид түріндегі металдармен тікелей байланысты. Күкірт жер қыртысындағы кен таралған элементтердің бірі болып саналады. Оның литосферадағы жалпы саны 4,7-10-2% құрайды. Осыған байланысты су қоймаларында, топырақ және тау-кен орындарында кездесетін тион бактериялары геохимиялық үрдістерде маңызды рөл атқарады. Тион бактерияларының ішінде автотрофты, миксотрофты және литогетеротрофты түрлері де кездеседі. Олардың түрлік деңгейдегі таксономиясы физиологиялық белгілеріне, органикалық заттарға, қышқылдылыққа, температураға деген қатынасына қарай негізделеді. Тион бактериялары морфологиялық қатынасы бойынша *Pseudomonadales* қатарына жататын біртекті ағзалар тобын құрайды. олардың диаметрі 0,5-0,8 мкм және ұзындығы 1-3 мкм-ді құрайтын грамтеріс боялатын таяқшалары болады. спора түзбейтін бұл ағзалар полярлы талшықтарының арқасында қозғалғыш келеді [1, 4].

Тион туысы бактерияларының ішінде ең негізгі орынды *thiobacillus ferrooxidans* (colmer, hinkle, 1947; colmer e.a., 1949) бактериялары алады. олардың қосылыстарды қуат көзі ретінде пайдалану спектрі әртүрлі болып келеді. қышқылды ортада *th. ferrooxidans* күкірттен өзге белгілі металл сульфидтерін, сондай-ақ бірқатар ауыспалы валенттілікке ие элементтерді, атап айтқанда  $Fe^{2+}$ ,  $Cu^{+}$ ,  $Sn^{2+}$ ,  $U^{4+}$  -ді температура 2-ден-40 °C аралығында, рН 1-5 ортасында тотықтыра алады [1, 5].

Тион бактерияларының ацидофильді топтарының тағы бір өкілі – *Thiobacillus thiooxidans*. Ол рН 0,5-5,0 деңгейінде, температура 5-40 °C – аралығын құрайтын ортада қарапайым күкіртті, тиосульфат, сульфит, тетратионат, антимонит және сфалериттерді тотықтыруға қабілетті келеді (Waksman, Joffe, 1922; Соколова, Каравайко, 1964) [6].

Сонымен қатар автотрофты тион бактерияларының тағы танымал өкілдерінің бірі – *Thiobacillus thioparus*. Ол бейтарап және әлсіз сілтілі орталарында тіршілік ете алады. *Th. thioparus* күкіртті, тиосульфатты, полинионатты және бірқатар сульфидты минералдарды тотықтыруға қабілетті келеді. Бұл бактерияның жұмыс істеу қарқындылығына орта рН-і 5-тен-9,8 аралығы әсер етеді. Тион бактерияларының осы тобына анаэробты жағдайда күкірт немесе тиосульфатты тотықтыруда қуат көзі ретінде нитрат оттегісін пайдаланатын *Thiobacillus denitrificans* бактериялары да жатады [7].

*Thiobacillus organoparus* – бұл микроағзаны бөліп алған Г.Е. Маркосян (1976). Ол рН ортасы 1,5-5 деңгейін құрайтын ортада тек күкіртті ғана тотықтыра алады. Бұл бактериялардың ерекшелігі *Leptospirillum ferrooxidans* бактерияларының жәрдемімен бинарлы байланыста пиритті тотықтырады [8].

*Thiobacillus intermedius* – миксотрофты тион бактерияларына жатады. Ол тиосульфат, күкірт-сутек және күкірттен өзге кейбір органикалық қосылыстарды да тотықтыру қабілетіне ие.

*Thiobacillus novellus* бактериялары толықтай гетеротрофты алмаса алады.

A2 *Thiobacillus* тардың миксотрофты түрлерінде автотрофты өсу тек тиосульфатта ғана байқалады, ал *Thiobacillus perometabolis* бактериялары автотрофты өсуге қабілетсіз келеді және тиосульфат пен күкіртті тек органикалық заттардың қатысында ғана тотықтыруға қабілетті.

Сонымен сульфидты минералдарды, күкіртті және тотықпаған (закисное) темірді тион бактерияларына жақын термофильды бактерияларда тотықтыруға қабілетті келеді. Олар тіпті орта температурасы жоғары болғанда, 50-55°C-ді және рН-1,5-2,2 деңгейін құрайтын орталарда жұмыс істеуге қабілетті. Оған 0,02% ашытқы экстрактісін немесе 0,01% цистеин қосу тотығу үрдісін жеделдетеді [1, 9, 10].

Кен орындарында *Sulfobacillus* тусына жататын термоацидофильды бактериялар кең таралған. Бұл микроағзалар, атап айтқанда *Sulfobacillus thermosulfidooxidans*, *S.thermosulfidooxidans subsp. thermotolerans* және *S. thermosulfidooxidans subsp. asporogenes* бактериялары күкіртті, тотықпаған темірді және сульфидты минералдарды аэробты жағдайда 0,01-0,1% ашытқы экстрактісі қатысында 20-60 °C-ді температурада, ортаның рН0,9-3,0 деңгейі аралығында тотықтыруға қабілетті [11-15].

*Sulfobacillus S.acidocaldarius* (Brock e.a.,1976) туысына жататын микроағзалар 0,02% ашытқы экстрактісі бар ортада 80-85 °C температурада, рН-0,9-5,8 аралығында күкіртті тотықтырады. Термалды көздерден бөлініп алынған *S.brierley* және *S.solfataricus* бактериялары орта температурасы 45-75°C-та, рН деңгейі 1,5-2,0 құрайтын ортада темірді, күкіртті, сульфидты минералдарды ашытқы экстрактісі қатысында тотықтыра алады.

Осыған орай, табиғаттағы әртүрлі субстраттардың биогенді тотығуы белсенді қышқылды ортада 2-80 °C-ді құрайтын температура аралығында кең көлемде жүреді. Осы жағдайда әртүрлі кен құрамындағы минералдар тотығуы, сонымен қатар тау жыныстарының таратылуы өте үлкен қарқындылықпен жүреді [16-18].

Қорғасын-мырышты кен құрамында таралған микроағзалар П.Т. Малахова, Э.В. Коваленко (1969 ж., 1970 ж., 1974 ж.) мен П.Т. Малахова, А.П. Зыкова (1972), Э.В. Коваленко зерттеулерінен (1983 ж.) Өзбекстан аумағында кездесетін кен орындарындағы қорғасын - мырышты кен құрамының микрофлоралық құрамына зерттеулер жүргізген. Олардың зерттеу нәтижелері көрсеткендей қорғасын-мырышты кен құрамының микроценозын әртүрлі микроағзалар топтасы құраған. Зерттеушілер микрофлораның құрамын анықтап қана қоймай, оларға физика-химиялық фактордың әсерін де қатар зерттеген [19-23].

Кен орнының экологиялық жағдайы автотрофты және гетеротрофты микроағзалардың кеңінен таралуына қолайлы болып келген. Қорғасын-мырышты кен құрамының микроағзалық құрамын ацидофобты тион бактериялары, гетеротрофтар, нитрофицирлеуші бактериялар, сульфатредуцирлеуші микроағзалар құраған. Кургашинкан кен орнынан алғаш рет споротузуші ацидофильді бактерия *S. Thermosulfidooxidans subsp. nov. thermotolerans* бактериялары бөлініп алынған, олардың ашытқы экстрактісіндегі  $Fe^{2+}$  темірді тотықтыру қабілеті 0,01-0,1%-ды құраған, (ортаның қышқылдылық дәрежесі рН 2,5-2,7, температурада 38-42 °C Коваленко, Малахова, 1980 ж.). Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, кен құрамындағы микроағзалардың табиғи популяциясының сапалық және сандық құрамы ылғалдылық, температура және кеннің минералдық құрамына байланысты екендігін айтқан [24, 25].

1968 ж. бастап Қазақстанның қорғасын – мырышты кен орындарына микробиологиялық зерттеулер жүргізіле бастады (Абдрашитова және т.б. 1972 ж.; Стуканов, 1978 ж.; Стуканов және т.б., 1978). 1974 ж. тион бактерияларының таралу көрсеткіші зерттелді. Тион бактерияларының 8 шақты түрін қоректік орталарға егіп, нәтижесінде 7 түрі анықталған. *Thiobacillus ferrooxidans*, *T.thiooxidans*, *T.thioparus*, *T. denitrificans* бактерияларының 1 мл-дағы саны  $10^6$ -не дейінгі жиілікте кездесіп отырған. Ал органикалық заттардың қатысында дамитын тион бактерияларының ішінен

*T. intermedius*, *T. novellus*, *T. perometabolis* кен құрамы мен қатар шахта суларында болатыны анықталған, 1 мл-дегі клеткалар саны 5-тен  $10^3$  аралығында болған [26, 27].

Саңырауқұлақтардың шахта суларының 1 мл-гі колониялар саны 0- 27 -ге дейін колониялар өскен (ал 1 г. кен құрамында 13-350 колониялар болған, ал 1 г. кен құрамындағы актиномицеттердің саны 0-3-тен 674 колонияларға дейін өссе, ал 1 мл шахта суларындағы колониялардың саны – 0-3тен 133-ке дейін болған.

Сонымен қатар, жүргізілген зерттеулер сымалардың барлығынан дерлік азоттың жеңіл ерігіш формалары аммиак, нитрит (нитрат түрінде анықталған, аммонийлы азот 2,85-1,32 Г/л [13].

Основные сокровища полиметаллических руд находятся в Восточном и Южном Казахстане. На территории Центрального Казахстана известно около 1700 месторождений и рудопроявлений меди, 650 – свинца и цинка.

#### ӘДЕБИЕТ

- [1] Камал М.Р. Роль микроорганизмов в выщелачивании металлов из руд Иаза Астана. ЁкМа –Ата. Гылым 1990. - С. 72-83.
- [2] Илялетдинов А.Н., Алиева Р.М. Микробиология и биотехнология очистки промышленных сточных вод. Алма-Ата Гылым 1990.-
- [3] Valix m., usai f. and malik r. fungal bio-leaching of low grade laterite ores *Minerals Engineering*, Vol. 14, No. 2, pp. 197-203.- 2001
- [4] Журнал российского информационно- аналитического центра «Минерал». №4. 2005. №10. С.25.
- [5] Российский журнал «Интеррос». №2. 2003.- С. 155-163
- [6] Столярова Е.А. Биологическая технология извлечения меди из отходов флотационного обогащения сульфидных руд: Автореф. дис. канд. биол.наук.Уфа.;Инст. биологии Уфимского научного центра. 2009.
- [7] Славкина О.В., Фомченко Н.В., Бирюков В.В. Исследование бактериального выщелачивания медно-цинкового рудного концентрата Влияние технологических параметров второй стадии процесса на кинетику выщелачивания цинка// Биотехнология. – 2004. - №6. - С.54
- [8] Михайленко О.В. Организация экологически безопасной разработки месторождений полиметаллических руд на природоохранных территориях (на примере холоднинского месторождения) Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Автореферат разослан 30 мая 2011.
- [9] Четверикова Дарья Владимировна. Технология биологического выщелачивания металлов из отходов горно-обогатительных производств. автореферат дис. кандидата технических наук: 03.01.06. 2013.
- [10] Кузюкина Т.И., Хайнасова Т.С., Левенец. Биотехнология извлечения металлов из сульфидных руд. // Вестник Краунц. Науки о земле.2008 №2. Выпуск №12.
- [11] Ахмедов Х., Солижанова Г.К. Результаты переработки первичных золотосодержащих проб руды месторождения Даугызтау.// Горный вестник Узбекистана. Научно-технический и производственный журнал. №29. 2007.
- [12] Мельникова Е.Г. Совершенствование способа дистанционного экспрессного контроля качества фосфоритовых руд в потоке отгрузки.// Горный вестник Узбекистана. Научно-технический и производственный журнал. №30. 2007.
- [13] Веклов В.А., Митраков О.Е. и др. Лабораторные исследования по биоокислению сульфидной руды перколяционным способом в шихтес флотоконцентратом. // Горный вестник Узбекистана. Научно-технический и производственный журнал. №26 2006.-56с.
- [14] Производство цветных металлов. Н.И. Уткин. – М.: Интермет Инжиниринг. 2000. – 442 с.
- [15] Дамдинжав Ж., Андреев Е.Е., Бричкин В.П., Сизяков В.М. Увеличение глубины переработки медно-молибденовых руд месторождения Эрдэнэтийн -Овоо //Обогащение руд. 2009. №4.
- [16] Bollag W. B., Dec J., Bollag J. M. Biodegradation // Encyclopedia of Microbiology. -N.Y.: AP, 2000. -Vol.1. - P 123-125
- [17] Marsden J.O., Wilmot J.C., Smith R.J. Medium-temperature pressure leaching of copper concentrates- Part IV: Application at Morenci, Arizona // Journal of Minerals and Metallurgical processing 2007.Vol.14. № 4.
- [18] Sadowski Z., Jazdyk E., Karas H. Bioleaching of copper ore flotation concentrates //Journal of Minerals Engineering Poland. 2002. -Vol. 16.
- [19] Лодейщиков В.В. Переработка никельсодержащих руд методом кучного бактериального выщелачивания. (Опыт финской фирмы Табуаага) // Золотодобыча. 2009. № 131.
- [20] Камалов М.Р. Роль микроорганизмов в выщелачивании металлов из руд Казахстана. –Алма-Ата: Гылым, 1990.- 184с.
- [21] Лебедева Е.В. , Ляликowa Н.Н. Бугельский Ю.Ю. Участие нитрофицирующих бактерий в выветривании серпентинизированных ультрабазитов // Микробиология,1978. Т.47. № 6. -С. 1101-1107.
- [22] Ehrlich H.L. Past, present and future of biohydrometallurgy//Hydrometallurgy - 2001. - V.59. - P. 127-134
- [23] Bollag W. B., Dec J., Bollag J. M. Biodegradation // Encyclopedia of Microbiology. -N.Y.: AP, 2000. -Vol.1. - P 123-125
- [24] Willscher S., Bosecker K. Studies on the leaching behaviour of heterotrophic microorganisms isolated from an alkaline slag dump// Hydrometallurgy. - 2003. - V.71. - P.257-264.
- [25] Столярова Е.А. Биологическая технология извлечения меди из отходов флотационного обогащения сульфидных руд // Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук.-Уфа 2009.
- [26] Интернет-ресурс <http://dic.academic.ru> – Словари и Энциклопедии. Геологическая энциклопедия.

[27] Исаева А.Ө., Отарбекова А.А., Әкімбаев Б.Ө. Бағалы және сирек жер металдарды биосілтiсiздендіру арқылы алу технологиясының мәселелері. // Оңтүстік Қазақстан Ғылымы мен білімі. Республикалық журнал. Экология. Қоршаған отаны қорғау және табиғи ресурстарды тиімді пайдалану. №4(69)2008.-

#### REFERENCES

- [1] Kamal M.R. Rol' mi:roorganizmov v vyshhelachivanii metallkv iz rud Iaza Astana. ÈkMa –Ata. Gylym 1990. S. 72-83.
- [2] Пјалетдинов А.Н., Алиева Р.М. Mikrobiologija i biotehnologija ochildki promyslennyh stochnyh vod. Alma-Ata Gylym 1990.-
- [3] Valix m., usai f. and malik r. fungal bio-leaching of low grade laterite ores Minerals Engineering, Vol. 14, No. 2, pp. 197-203.- 2001
- [4] Zhurnal Rossijskogo informacionno- analiticheskogo centra «Mineral». №4. 2005.№10.S.25.
- [5] Rossijskij zhurnal «Interros». №2. 2003.- S. 155-163
- [6] Stoljarova E.A. Biologicheskaja tehnologija izvlechenija medi iz othodov flotacionnogo obogashhenija sul'fidnyh rud: Avtoref. dis. kand. biol.nauk.Ufa.;Inst. biologii Ufinskogo nauchnogo centra. 2009.
- [7] Slavkina O.V., Fomchenko N.V., Birjukov V.V. Issledovanie bakterial'nogo vyshhelachivaniya medno-cinkovogo rudnogo koncentrata Vlijanie tehnologicheskikh parametrov vtoroj stadii processa na kinetiku vyshhelachivaniya cinka// Biotehnologija. – 2004. - №6. - S.54
- [8] Mihajlenko O.V. Organizacija jekologicheski bezopasnoj razrabotki mestorozhdenij polimetallicheskikh rud na prirodno-ohrannyh territorijah (na primere holodninskogo mestorozhdenija) Avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tehniceskikh nauk. Avtoreferat razoslan 30 maja 2011.
- [9] Chetverikova Dar'ja Vladmirovna. Tehnologija biologicheskogo vyshhelachivaniya metallov iz othodov gorno-obogashheniya proizvodstv. avtoreferat dis. kandidata tehniceskikh nauk: 03.01.06. 2013.
- [10] Kuzjakina T.I., Hajnasova T.S., Levenec. Biotehnologija izvlechenija metallov iz sul'fidnyh rud. // Vestnik Kraunc. Nauki o zemle.2008 №2. Vypusk №12.
- [11] Ahmedov H., Solizhanova G.K. Rezul'taty pererabotki pervichnyh zolotosoderzhashhih prob rudy mestorozhdenija Daugyztau.// Gornyj vestnik Uzbekistana. Nauchno-tehnicheskij i proizvodstvennyj zhurnal. №29. 2007.
- [12] Mel'nikova E.G. Sovershenstvovanie sposoba distancionnogo jekspressnogo kontrolja kachestva fosforitovyh rud v potoke otgruzki.// Gornyj vestnik Uzbekistana. Nauchno-tehnicheskij i proizvodstvennyj zhurnal. №30. 2007.
- [13] Veklov V.A., Mitrakov O.E. i dr. Laboratornye issledovanija po biookisleniju sul'fidnoj rudy perkoljacionnym sposobom v shihtes flotokonzentratom. // Gornyj vestnik Uzbekistana. Nauchno-tehnicheskij i proizvodstvennyj zhurnal. №26 2006.- 56s.
- [14] Proizvodstvo cvetnyh metallov. N.I. Utkin. – M.: Intermet Inzhiniring. 2000. – 442 s.
- [15] Daminzhav Zh., Andreev E.E., Brichkin V.P., Sizjakov V.M. Uvelichenie glubiny pererabotki medno-molibdenovyh rud mestorozhdenija Jerdjenjetijn -Ovoo //Obogashhenie rud. 2009. №4.
- [16] Bollag W. V., Dec J., Bollag J. M. Biodegradation // Encyclopedia of Microbiology. -N.Y.: AP, 2000. -Vol.1. - P 123-125
- [17] Marsden J.O., Wilmot J.C., Smith R.J. Medium-temperature pressure leaching of copper concentrates- Part IV: Application at Morenci, Arizona // Journal of Minerals and Metallurgical processing 2007.Vol.14. № 4.
- [18] Sadowski Z., Jazdyk E., Karas H. Bioleaching of copper ore flotation concentrates //Journal of Minerals Engineering Poland. 2002. -Vol. 16.
- [19] Lodejshnikov V.V. Pererabotka nikel'soderzhashhih rud metodom kuchnogo bakterial'nogo vyshhelachivaniya. (Opyt finskoj firmy TaYuaaga) // Zolotodobycha. 2009. № 131.
- [20] Kamalov M.R. Rol' mikroorganizmov v vyshhelachivanii metallov iz rud Kazahstana. –Alma-Ata: Gylym, 1990.-184s.
- [21] Lebedeva E.V., Ljalikova N.N. Bugel'skij Ju.Ju. Uchastie nitroficirujushhih bakterij v vyvetrivanii serpentinizirovannyh ul'trabazitov // Mikrobiologija, 1978. T.47. № 6. -S. 1101-1107.
- [22] Ehrlich H.L. Past, present and future of biohydrometallurgy//Hydrometallurgy - 2001. - V.59. - P. 127-134
- [23] Bollag W. V., Dec J., Bollag J. M. Biodegradation // Encyclopedia of Microbiology. -N.Y.: AP, 2000. -Vol.1. - P 123-125
- [24] Willscher S., Bosecker K. Studies on the leaching behaviour of heterotrophic microorganisms isolated from an alkaline slag dump// Hydrometallurgy. - 2003. - V.71. - P.257-264.
- [25] Stoljarova E.A. Biologicheskaja tehnologija izvlechenija medi iz othodov flotacionnogo obogashhenija sul'fidnyh rud // Dissertacija na soiskanie uchenoj stepeni kandidata biologicheskikh nauk.-Ufa 2009.
- [26] Internet-resurs <http://dic.academic.ru> – Slovarei i Jenciklopedii. Geologicheskaja jenciklopedija.
- [27] Isaeva A.Ө., Otarbekova A.A., Әкімбаев Б.Ө. Baraly және сирек жер металдарды биосілтiсiздендіру арқылы алу технологиясының мәселелері. // Оңтүстік Қазақстан Ғылымы мен білімі. Республикалық журнал. Экология. Қоршаған отаны қорғау және табиғи ресурстарды тиімді пайдалану. №4(69)2008-15s.

А. А. Отарбекова<sup>1</sup>, А. У. Исаева<sup>1</sup>, А. Т. Бердибекова<sup>2</sup>, Д. Е. Кудасова<sup>1</sup>, Г. А. Байсеитова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан,

<sup>2</sup>Южно-Казахстанский государственный педагогический институт, Шымкент, Казахстан

### **ИССЛЕДОВАНИЯ ОСНОВНЫХ АЦИДОФИЛЬНЫХ БАКТЕРИЙ, ВСТРЕЧАЮЩИХСЯ В МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ПОЛИМЕТАЛЛОВ**

**Аннотация.** В статье рассмотрена биотехнология получения сульфидов металлов, основанных на чистых культурах и консорциумах ацидофильных сульфатредуцирующих бактерий, идентифицированных и охарактеризованных методами микробиологии, биохимии и метагеномики. Состав и филогенетическое разнообразие анализируемых микробных сообществ осадочных отложений хвостохранилищ горнодобывающих предприятий будут охарактеризованы высокопроизводительным секвенированием фрагментов генов 16S рибосомной РНК и суммарного метагенома, по результатам которого будут идентифицированы штаммы, способные осуществлять сульфатредукцию, и охарактеризован их метаболический потенциал. На основе данных о метаболическом потенциале, идентифицированных молекулярными методами штаммов из осадочных отложений хвостохранилищ горнодобывающих предприятий, будут выделены чистые культуры сульфатредуцирующих бактерий, сохраняющих сульфидогенную активность в условиях периодического воздействия кислорода, постоянно высоких величин окислительно-восстановительного потенциала (Eh) и значениями pH не выше 3, а также содержанием ионов металлов в паровых водах не ниже 0,5 г/л. Штаммы-продуценты должны обеспечивать образование сульфидов металлов при концентрациях кислорода в газовой фазе не менее 0,02% и обладать относительной устойчивостью к продуктам неполного восстановления кислорода за счет наличия в клетках ферментов антиокислительной защиты, а также обеспечивать образование сульфидов металлов при начальных значениях pH, не превышающих 3,0. Осаждение сульфидов металлов новыми изолятами и/или консорциумами штаммов микроорганизмов должно происходить в растворах, содержащих ионы тяжелых металлов, что позволит разработать принципиально новый одностадийный процесс биотехнологического извлечения металлов из отходов горнодобывающей промышленности.

**Ключевые слова:** сульфатредуцирующие бактерии, ацидофилы, сульфиды металлов, устойчивость к металлам, микроорганизмы, аэротолерантность, метагеномика, отходы сульфидных руд.

#### **Авторлар туралы мәліметтер:**

Отарбекова Айнагүл Ахметовна – магистр, аға оқытушы, М. Әуезов атындағы ОҚМУ, «Химиялық инженерия және Биотехнология» жоғарғы мектебі, «Биотехнология» кафедрасы

Исаева Ақмарал Умирбековна – б.ғ.д., профессор, «Экология және Биотехнология» ҒЗИ директоры, М. Әуезов атындағы ОҚМУ

Бердибекова Аяғоз Токсанбаевна – магистр-оқытушы, Оңтүстік Қазақстан Мемлекеттік педагогикалық институты, «Жаратылыстану» факультеті, «Биология» кафедрасы

Құдасова Дариха Ерділқызы – магистр-оқытушы, М. Әуезов атындағы ОҚМУ, «Химиялық инженерия және Биотехнология» жоғарғы мектебі, «Биотехнология» кафедрасы

Байсеитова Гаухар Асқарқызы – студент, М. Әуезов атындағы ОҚМУ, «Химиялық инженерия және Биотехнология» жоғарғы мектебі, «Биотехнология» кафедрасы