

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТИОНОВЫХ БАКТЕРИЙ В ШАХТНЫХ ВОДАХ И РУДНОМ ТЕЛЕ ЗОЛОТО-МЫШЬЯКОВИСТОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ БАКЫРЧИК

¹Канаева З.К., ²Канаев А.Т., ³Семенченко Г.В.

¹«Казакхский национальный технический университет им.К.И.Сатпаева», kanaeva1992@mail.ru

²«Казакхский национальный университет им.аль-Фараби, ashim1959@mail.ru

³«Институт микробиологии и вирусологии» Министерства образования и науки Республики Казахстан, 050013, Алматы, улица Сатпаева 22, Semenchenko@mail.ru

В мировой практике для переработки золотосодержащих руд в последние десятилетия широко используется процесс кучного выщелачивания золота растворами цианидов щелочных металлов. К настоящему времени в горнодобывающей промышленности Республики Казахстан этот процесс получил развитие только в последние годы, в связи с этим преимущества указанного метода переработки руд выявлены недостаточно полно. В настоящее время на месторождении Бакырчик существуют проблемы с извлечением благородных металлов по причине высокого содержания углистых сланцев и мышьяка. Ожидается, что с использованием новых аборигенных штаммов тионовых бактерий извлечение благородных металлов повысится. Эффективность работы - полученные результаты свидетельствуют о перспективности использования тионовых бактерий, выделенных непосредственно на месторождении для повышения извлечения благородных металлов при переработке руды месторождения Бакырчик. Опыт использования зарубежных технологий по биовыщелачиванию промпродуктов, полученных при переработке руды месторождения, оказался неэффективным по причине высокого содержания мышьяка.

Ключевые слова: хемолитоавтотрофный, бактерия, A. Ferrooxidans, Th. Thiooxidans, тионовый

DISTRIBUTION THIOBACTERIA IN MINE WATERS AND THE ORE BODY - GOLD - ARSENIC BIRTHPLACE OF BAKYRCHIK

¹Kanayeva Z.K., ²Kanayev A.T., ³Semenchenko G.V.

¹ "Kazakh National Technical University after named K. Satpayev", kanaeva1992@mail.ru

² "Kazakh National University after named al-Farabi, ashim1959@mail.ru

³ "Institute of microbiology and virology" Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan, Almaty, 050013, Almaty, Satpaeva street 22, Semenchenko@mail.ru

The world practice for processing gold ore in the last decade is widely used process of heap leaching of gold cyanide solution of alkali metal. By present time in the mining industry of the Republic of Kazakhstan, this process has been developed only in recent years, in connection with the advantages of this method of ore processing are not fully identified. At present the field Bakyrchik there are problems with the extraction of precious metals due to the high content of carbonaceous shales and arsenic. It is expected that the use of new native strains thiobacteria extraction of precious metals will rise. The effectiveness of work - the results show the availability of thiobacteria isolated directly from the field to improve recovery of precious metals in the processing of ore Bakyrchik. Experience in the use of foreign technology by bioleaching industrial products obtained from the processing of ore deposit, proved to be ineffective because of the high arsenic content.

Keywords: hemolitoavtotrofny, bacterium, A. Ferrooxidans, Th. Thiooxidans, thionic

Промышленные сточные воды и отработанные отвальные руды горно-обогажительных предприятий содержат простые и комплексные цианиды, ионы мышьяка и тяжелых металлов, которые являются сильными ядами. Наиболее перспективными для извлечения золота в этих условиях можно считать биотехнологические методы с использованием жизнедеятельности микроорганизмов [4,3].

Объекты и методы исследования

Изучение количественного и качественного состава микрофлоры месторождения Бакырчик проводили по общепринятым методикам. Пробы рудных вод при обследовании отбирались стерильно, в соответствии с имеющимися руководствами. Подсчет количества микроорганизмов проводили методом предельных разведений испытуемых вод или болтушек на элективных средах в двух – трехкратных повторностях.

Для количественного учета *A.ferrooxidans*, содержащихся в 1 г использовали метод кратных разведений. При исследовании рудного субстрата навеску измельчали в гомогенизаторе и растирали в ступке и готовили исходную взвесь в разведении 1:10. Из полученной взвеси или исходного жидкого материала готовили ряд последующих разведений с таким расчетом чтобы при посеве двух последних разведений на чашке Петри агаре выросло от 50 до 300 колоний.

Получение накопительной культуры для выделения культуры в колбы Эрленмейра на 100мл вносили 30мл стерильной среды Сильвермана и Лундгрена 9К и пробы рудничной воды или руды из месторождений сульфидных руд, затем инкубируют при 30°C до появления роста. О развитии бактерии судили по появлению бурой окраски среды, вызванной образованием соединения трехвалентного железа.

Для выделения культуру *A.ferrooxidans* в колбу Эрленмейера емкостью 250 мл вносили среду Сильвермана и Лундгрена 9К в объеме 150 мл. Затем добавляли пробы руды из месторождений сульфидных руд, инкубировали при 30°C до появления роста. Для выделения штаммов бактерии, активных в окислении сульфидных минералов и устойчивых к ионам тяжелых металлов, использовали также сульфидные минералы.

Определение Fe^{+2} и Fe^{+3} проводилось объемным трилометрическим методом в пробах, основанным на образовании комплекса трехвалентного железа с сульфосалициловой кислотой, который окрашивается в малиновый цвет. Содержание железа в растворах варьировало в диапазоне 0,1-10 г/дм³ [2].

Учет *Th.thiooxidans* вели по появлению исчезающей мути и оседанию серы, по образованию пленки серы, подкислению среды и другим специфическим признакам на среде Ваксмана (г/л): $(NH_4)_2SO_4$ –3,0; KH_2PO_4 –3,0; $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ –0,5; $CaCl_2 \cdot 6H_2O$ –0,25; $Fe_2SO_4 \cdot 7H_2O$ –3,0; серный цвет (S^0) – 10; H_2O –1,0 л, pH 4,0, [1].

Для количественного учета аммонификаторов использовали пептонную воду (г/дм³ водопроводной воды): пептон – 10, NaCl – 0,5.

Для определения количества нитрификаторов I и II фазы была использована элективная минеральная среда Виноградского (г/л водопроводной воды): $(NH_4)_2SO_4$ – 2,0; K_2HPO_4 – 1,0; $MgSO_4$ – 0,5; $FeSO_4$ – 0,4, NaCl – 2,0, в избыточном количестве $CaCO_3$ [6, 7].

Для учета денитрифицирующих бактерий применяли селективную среду Гильта (г/л водопроводной воды): цитрат натрия или калия трехзамещенный – 5,0, KNO_3 – 2,0, аспарагин – 1,0, KH_2PO_4 – 2,0, MgSO_4 – 2,0, CaCl_2 – 0,2, FeCl_3 – следы, агар – 18% [5].

Для подсчета азотфиксирующих бактерий производили высеивание 0,25 г пробу руды на среду Эшби. О наличии азотобактерий в исследуемом материале судили по образованию характерных колоний вокруг песчинок. Производили подсчет количества колоний на чашке в пересчете на 1 г руды.

Сапрофитные бактерии учитывали на мясопептонном агаре.

Результаты исследования и их обсуждение

Исходя из анализа имеющихся гидрохимических материалов, химический состав и качество вод изучаемой площади Бакырчикского золотоносного месторождения характеризуется следующими данными.

Сухой остаток трещинных вод изменяется по площади и глубинам опробования составлял 0,2-0,6 г/дм³, жесткость – 2,1 – 5,3 мг-экв/дм³, рН = 6,7 – 7,9. Химический состав вод гидрокарбонатный и гидрокарбонатно-сульфатный по анионам и кальциевый, кальциево-натриевый по катионам.

Содержание веществ группы азота (NO_2 , NO_3 , NH_4) намного ниже нормативных уровней, перманганатная окисляемость по O_2 низкая, концентрация железа не превышает 0,25 мг/дм³. Микроэлементы (Cu, Pb, Zn, As, F и др.) содержатся в количествах намного меньше допустимых пределов.

Тионовые бактерии *A. ferrooxidans* встречались в основном в воде, имеющей слабо кислую реакцию среды (рН 5,0 – 5,5). Наибольшее количество *A. ferrooxidans* было отмечено в пробах шахтной воды горизонта 170, численность варьировала в пределах $10 - 10^3$ кл./мл воды, а также в рудничных водах горизонтов 210 и 290 с численностью до 10^2 кл./мл воды (рисунок 1).

В водах горизонтов 90 и 330 тионовые бактерии не обнаружены, что видимо, связано с нейтральной реакцией шахтных вод и непродолжительным контактом руд с кислородом воздуха.

Распространение бактерий *Th. thiooxidans* в природе зависит от наличия восстановленных соединений серы, используемых этими бактериями для хемоавтотрофного роста. Основная масса серы в природе связана с металлами в сульфатной и сульфидной форме, часть ее находится в виде самородных месторождений. Как известно, бактерий этой группы способны осуществлять процессы, приводящие к разрушению или образованию месторождений полезных ископаемых, минералов и горных пород, а также к миграции

отдельных элементов. Изучение этих процессов важно для теоретических представлений о круговороте элементов, а также для добычи полезных ископаемых.

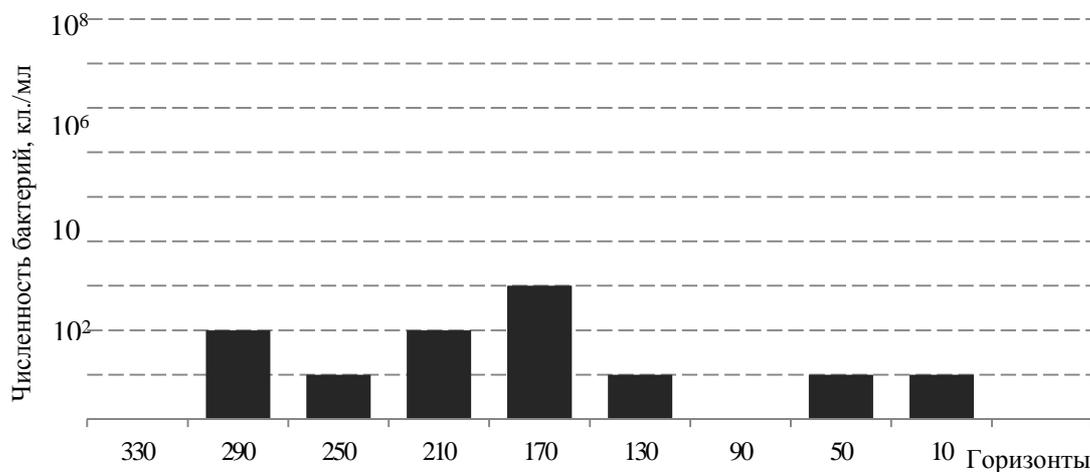


Рис. 1. Численность бактерий *A. ferrooxidans* в шахтных водах

При обследовании стоячих вод и капеей месторождения *Th. thiooxidans* были обнаружены в пробах воды, имеющих слабокислую реакцию (рН 5,0-5,5), численность достигала $10 - 10^2$ кл./мл (рисунок 2). Было установлено, что температура рудного тела с увеличением глубины горизонта снижается с 12 до 6,5 °С, рН колеблется в пределах 5,5 - 7,5.

Таким образом, обнаружение тионовых бактерий в шахтных водах на различных горизонтах и характеристика экологических условий их жизнедеятельности дают основание считать, что на месторождении Бакырчик они выступают в качестве окислителей рудных минералов.

Анализируя данные о численности и характере распределения хемолитоавтотрофных бактерий *A. ferrooxidans* и *Th. thiooxidans* – основных показателей степени окислительно-восстановительных процессов, необходимо отметить, что они встречались в шахтных водах редко и в незначительных количествах. С глубиной горизонта количество находок *A. ferrooxidans* значительно уменьшалось, распределение же *Th. thiooxidans* определялось наличием серы в нижних горизонтах шахтных вод. Ареалы распространения тионовых бактерий характеризуются слабокислой реакцией среды.

Присутствие тионовые бактерии в рудном теле отмечалось во всех типах слагающих пород. Численность *A. ferrooxidans* колебалась в пределах $10-10^3$ кл./г руды. Наибольшее количество бактерий было приурочено к осадочным и углисто-глинистым породам. Численность *Th. thiooxidans* была выше - 10^2-10^3 кл./г руды. Вскрышная глинистая порода, серые песчаники, пепловые туфы и кремнистые образования содержали наибольшее

количество этих бактерий (рисунок 3). Образцы пород с находками тионовых бактерий имели слабоокислую реакцию.

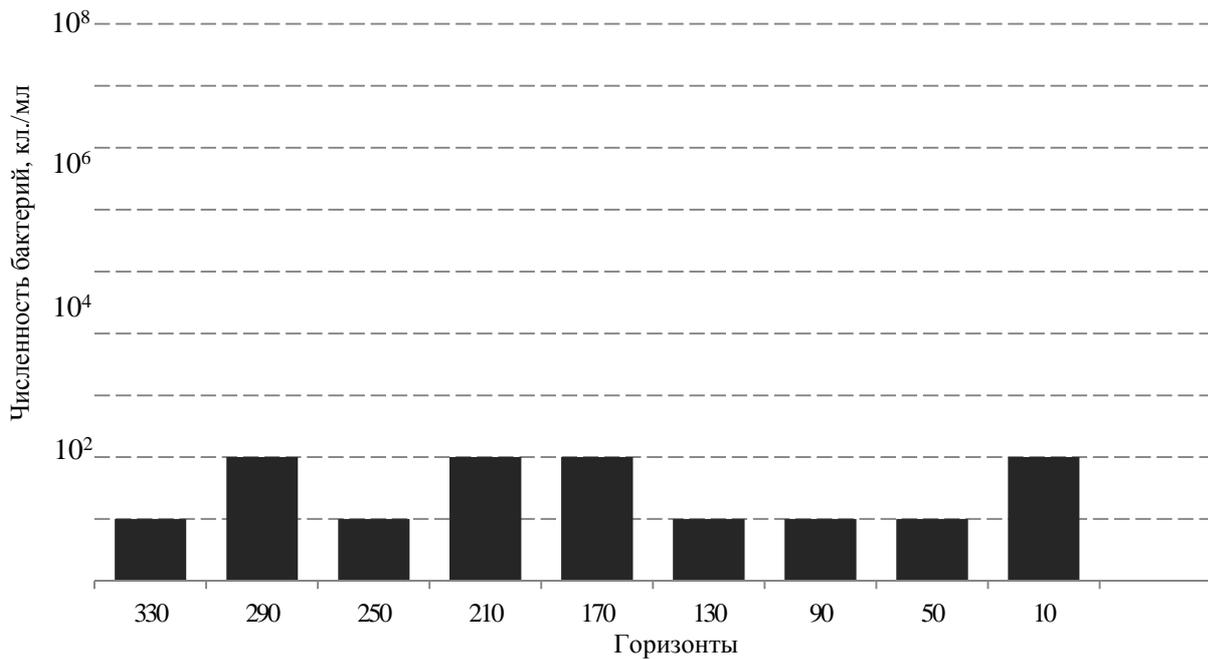


Рис. 2. Численность бактерий *Th. thiooxidans* в шахтных водах

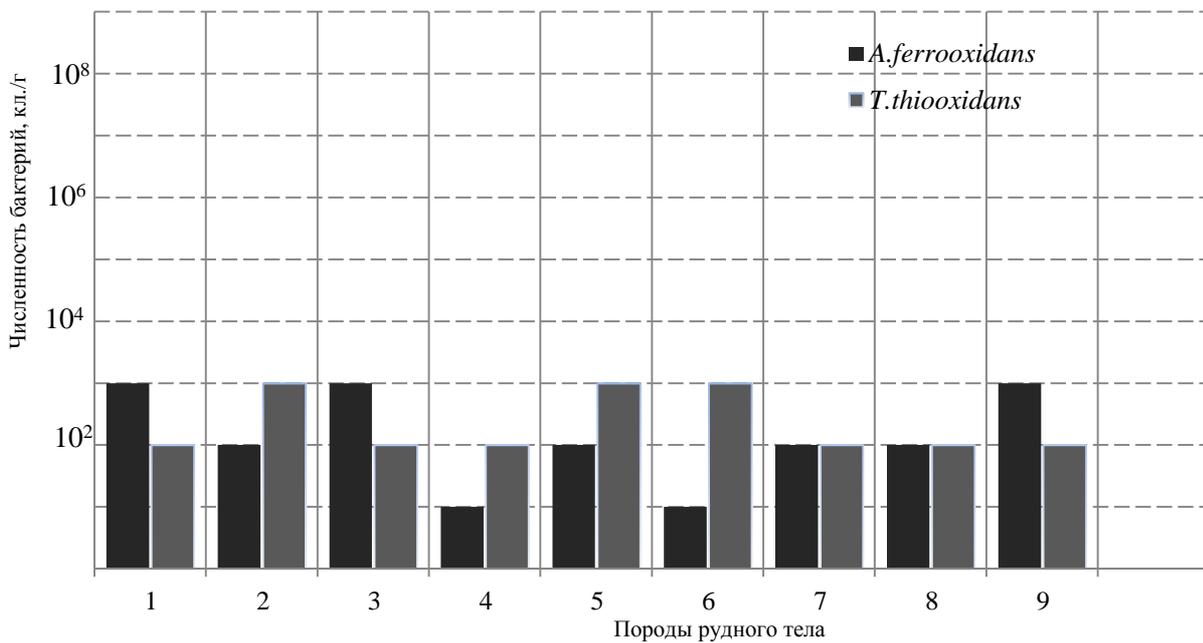


Рис. 3. Численность тионовых бактерий в рудном теле

Таким образом, распространение тионовых бактерий в отдельных породах рудного тела свидетельствует о процессах бактериального окисления серы и других рудных элементов. Если сравнить эти данные с расположением рудного тела и золотовмещающих минералов по горизонтам, то можно отметить, что бактериальные окислительные процессы идут как в

верхних, так и в нижних горизонтах. Это, в свою очередь, подтверждает присутствие достаточного количества влаги и кислорода в исследованных породах, а также их способность адсорбировать бактериальные клетки.

Заключение

В результате выполненной работы были сделаны следующие выводы:

1. Из образцов шахтных вод и пород рудного тела с повышенным количеством тионовых бактерий были получены накопительные культуры, из которых выделено 6 чистых культур тионовых бактерий.

2. Предварительная идентификация выделенных бактерий по способности окислять закисное железо и соединения серы, а также аэробному автотрофному метаболизму позволила отнести их к виду *Acidithiobacillus ferrooxidans*.

Список литературы

1. Биогидрометаллургическая переработка сульфидных руд // Цветные металлы.- 2004.- №8.
2. Живаева А.Б., Башлыкова Т.В. Бактериальное выщелачивание силикатных никелевых руд //Цветные металлы. - 2007. - №3.
3. Канаева З.К., Канаев А.Т. Бактерий растворов подземного выщелачивания микробоценозы хемолитотрофных уранового месторождения «Карамурун», Журнал "Фундаментальные исследования", (Россия), Биологические науки - №5 (1). - 2012, -С. 153-157.
4. Каравайко Г.И. Биогеотехнология металлов // Под ред.Нетрусова А.И. М., «Наука». - 2004. - С. 199-220.
5. Лодейщиков В.В. Переработка никельсодержащих руд методом кучного бактериального выщелачивания //М. Золотодобыча. -2009. -№ 131. – С.10-15.
6. 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.
7. Sadowski Z., Jazdyk E., Karas H. Bioleaching of copper ore flotation concentrates //Journal of Minerals Engineering Poland. - 2002. - Vol. 16.

Рецензенты:

Заядан Б.К., д.б.н., профессор, профессор кафедры «Биотехнология», КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы;

Мукашева Т.Д., д.б.н., профессор, профессор кафедры «Биотехнология», КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы.