

**ИНТЕНСИФИКАЦИЯ БИОТЕХНОЛОГИИ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ
ЗОЛОТОСУЛЬФИДНОГО КОНЦЕНТРАТА**
Магбулов А.А.¹, Магбулова Н.А.² Email: Magbulov1135@scientifictext.ru

¹Магбулов Азамат Алижонович – студент,
геологический факультет;

²Магбулова Нигора Алижоновна – преподаватель,
кафедра микробиологии, биологический факультет,
Национальный университет им. Мирзо Улугбека,
г. Ташкент, Республика Узбекистан

Аннотация: одной из важных проблем горнодобывающих стран мира является разработка новых эффективных и экологически чистых технологий переработки минерального сырья и создание малоотходных или безотходных производств в металлургической промышленности. В мировой практике в настоящее время в основном используются пирометаллургические способы извлечения меди, золота, серебра и ряда других ценных металлов. К сожалению, одним из недостатков пирометаллургии является образование пыли-газо-выбросов и получение продуктов, которые требуют обезвреживания и специального захоронения, что приводит к значительному загрязнению окружающей среды токсичными соединениями серы, мышьяка и ряда других опасных элементов.

В последнее время пристальное внимание металлургов, геохимиков, биотехнологов, микробиологов и других специалистов, работающих в различных отраслях горнорудной промышленности, отводится биогидрометаллургии или биогеотехнологии. Биогидрометаллургия в последнее время считается одним из перспективных направлений гидрометаллургии, характеризующимся не только экономической эффективностью и высокой экологичностью при переработке некондиционных руд различных отвалов, но и способностью заменять традиционные экологически небезопасные пирометаллургические технологии, используемые в ряде горнорудных рудных предприятий. В перечне стран, использующих биогидрометаллургические методы извлечения цветных, благородных и редких металлов, можно отметить такие как ЮАР, Австралия, США, Канада, Россия, Гана, Испания, Польша, Болгария, Чили, Аргентина, Китай и другие.

Ключевые слова: биогидрометаллургия, биогеотехнология, горнорудная промышленность, Кокпатас, Даугызтау, золотомышьяковистые руды, *Acidithiobacillus ferrooxidans*, *Acidithiobacillus thiooxidans*.

**INTENSIFICATION OF BIOTECHNOLOGY OF LEACHING OF GOLD-SULFIDE
CONCENTRATE**

Magbulov A.A.¹, Magbulova N.A.²

¹Magbulov Azamat Alizhonovich – Student,
GEOLOGICAL FACULTY;

²Magbulova Nigora Alizhonovna – Teacher,
DEPARTMENT OF MICROBIOLOGY, FACULTY OF BIOLOGY,
NATIONAL UNIVERSITY NAMED AFTER MIRZO ULUGBEK,
TASHKENT, REPUBLIC OF UZBEKISTAN

Abstract: one of the important problems of the mining countries of the world is the development of new efficient and environmentally friendly technologies for the processing of mineral raw materials and the creation of low-waste or non-waste production in the metallurgical industry. In the world practice at present, pyrometallurgical methods of extraction of copper, gold, silver and a number of other valuable metals are mainly used. Unfortunately, one of the disadvantages of pyrometallurgy is the formation of dust and gas emissions and the production of products that require neutralization and special disposal, which leads to significant environmental pollution by toxic compounds of sulfur, arsenic and a number of other hazardous elements.

Recently, the attention of metallurgists, geochemists, biotechnologists, microbiologists and other specialists working in various branches of the mining industry is being given bio-hydrometallurgy or biogeotechnology. Biohydrometallurgy has recently been considered one of the promising areas of hydrometallurgy, characterized not only by economic efficiency and high environmental friendliness in processing substandard ores of various heaps, but also by the ability to replace traditional environmentally unsafe pyrometallurgical technologies used in a number of mining ore enterprises. In the list of countries used biogidrometallurgical methods for extraction of non-ferrous, precious and rare metals, such as South Africa, Australia, the USA, Canada, Russia, Ghana, Spain, Poland, Bulgaria, Chile, Argentina, China and others.

Keywords: biohydrometallurgy, biogeotechnology, mining industry, Kokpatas, Daugiztau, arsenic, *Acidithiobacillus ferrooxidans*, *Acidithiobacillus thiooxidans*.

УДК 622.75/77.022.1

Республика Узбекистан входит в первую десятку золотодобывающих стран мира, на ее территории расположено несколько крупных месторождений (Кокпатас, Даугызтау, Зармитан, Биран, Амантайтау и др.), руды которых не были вовлечены в производство вследствие отсутствия эффективной технологии их переработки, хотя научно-исследовательские работы по разработке биотехнологии переработки руд ряда перечисленных месторождений интенсивно проводились.

С 2008 года в Навоийском горно-металлургическом комбинате (НГМК) введена в эксплуатацию биогидрометаллургическая технология ВЮХ на гидрометаллургическом заводе 3 (ГМЗ-3) в Учкудуке для переработки упорных золотомышьяковистых руд месторождения Кокпатас.

Как правило, при вводе в эксплуатацию новой технологии, тем более биотехнологии, возникает ряд проблем, решение которых может способствовать интенсификации процесса и увеличению сквозного извлечения благородных металлов.

Цель работы: подбор питательных сред для биовыщелачивания золотосульфидного концентрата для интенсификации технологического процесса на ГМЗ-3.

Для выполнения научно-исследовательских работ нами был проведен микробиологический анализ отобранных из различных участков биозавода проб путём посева методом предельных разведений для мезофильных железо- и серуоокисляющих бактерий микроорганизмов на среды: 9К (*Acidithiobacillus ferrooxidans*), Ваксмана (*Acidithiobacillus thiooxidans*) и Баалсруда (*Halothiobacillus denitrificans*) при температуре 28-30 °С, и умеренно термофильных железооокисляющих бактерий на среде 9К с уменьшенным содержанием железа (4,8 г/л) и с добавлением дрожжевого экстракта (0,02 мг/л) при температуре 43° и 50 °С. Данный метод позволяет определить численность жизнеспособных клеток бактерий. Сроки инкубации посевов составляют 15 суток, титр клеток рассчитывали по таблице Мак Креди по стандартной методике [1-2].

Численность указанных бактерий определяли в следующих пробах, отобранных на различных участках биозавода на ГМЗ-3:

Таблица 1. Перечень проб, отобранных на ГМЗ-3 для исследования

№	№ шифра	Наименование пробы	pH
1	Реактор 1	Пульпа с 31 реактора цеха биоокисления	pH 1,56
2	Реактор 2	Пульпа с 32 реактора цеха биоокисления	pH 1,35
3	Реактор 3	Пульпа с 33 реактора цеха биоокисления	pH 1,82
4	Реактор 4	Пульпа с 34 реактора цеха биоокисления	pH 1,50
5	Реактор 5	Пульпа с 35 реактора цеха биоокисления	pH 1,45
6	Реактор 6	Пульпа с 36 реактора цеха биоокисления	pH 1,48
7	Реактор 6 биокек	Пульпа с 36 реактора цеха биоокисления	pH 1,48
8	ПТД-1	Пульпа с разгрузки сгустителя ПТД-1 цеха биоокисления (нижний слив)	pH 1,24
9	ПТД-2	Пульпа с разгрузки сгустителя ПТД-2 цеха биоокисления (нижний слив)	pH 1,86
10	ПТД-3	Пульпа с разгрузки сгустителя ПТД-3 цеха биоокисления (нижний слив)	pH 2,56

В работе использовали общепринятые в микробиологии методы исследования: количество клеток в 1 мл образца определяли, применяя метод десятикратных последовательных разведений на среде 9К с обработкой полученных результатов по таблице Мак Креди; морфологию клеток в образцах культуральной жидкости (КЖ) изучали путём микроскопии препаратов под иммерсией, окрашивание клеток культур – метиленовой синью; количество посевного материала составляло 5-50%. Значения pH КЖ определяли на pH-метре марки «Mettler Toledo»; концентрацию окисного и закисного железа в растворе определяли комплексометрическим методом с раствором трилона Б.

Результаты

Изначально аборигенную микрофлору выделяли из образцов флотационного концентрата месторождения Кокпатас на среде 9К при значении pH 1,4, на качалке с 180 об/мин, при температуре 41°С. При этом процесс биоокисления двухвалентного железа в трёхвалентное длился очень медленно - в течение 12 суток, а то и более. Численность железооокисляющих бактерий, находящиеся в концентрате, была незначительна, активность по окислению железа представлена в таблице 2.

Таблица 2. Динамика процесса биоокисления Fe^{2+} до Fe^{3+} первоначально выделенной аборигенной ассоциацией железобактерий из образцов концентрата на среде 9К полной (посев 1:1)

Время инкубации,(сутки)	Fe^{3+}	Fe^{2+}	$Fe^{общ}$	pH
исходное	1,39	10,147	11,537	1,68
1 сутки	1,529	9,591	11,122	1,67
4 сутки	2,919	7,784	10,703	1,61
6 сутки	3,475	8,34	11,815	1,69
7 сутки	4,587	7,180	11,767	1,76
9 сутки	8,764	2,248	11,012	1,74
11 сутки	11,08	следы	11,08	1,78
12 сутки	11,08	-	11,08	1,76

Как видно из данных, представленных в таблице 2 процесс биоокисления концентрата изначально выделенной ассоциацией бактерий проходил за 12 суток при значении pH 1,61 – 1,78.

Нами проведены эксперименты по биовыщелачиванию концентрата ассоциацией железо- и сероокисляющих бактерий на двух питательных средах:

1) Производственная среда;

2) Новая среда.

Вместо двухвалентного железа в питательные среды был добавлен флотационный концентрат месторождения Кокпатас. Схема опыта: 190 мл среда+10 мл культ.жидк.+20 г концентрата (в трех повторностях).

Перед добавления КЖ в различные питательные среды, был проведен количественный учет титра клеток. Исходный титр клеток посевного материала составлял $6,0 \times 10^7$ кл/мл.

Затем во все колбы добавляли по 10 мл (10 %) посевного материала. Параллельно с определением трёхвалентного железа и pH, в данном эксперименте, мы наблюдали и за титром клеток в динамике.

На 23 сутки производили смену растворов.

Ниже (табл. 3 и рис. 1) приводятся данные по скорости роста нарастания титра клеток и окислительная активность ацидофильной ассоциации железо- и сероокисляющих бактерий при 41^0C .

Таблица 3. Динамика развития ассоциации железо- и сероокисляющих бактерий на различных средах с концентратом (по *A. ferrooxidans*)

№	Наименование сред	Численность бактерий кл/мл									
		Сроки инкубации									
		исход	1	2	7	12	20	23	27	36	
1	Производ.	$6,0 \cdot 10^5$	$2,5 \cdot 10^3$	$6,0 \cdot 10^3$	$2,5 \cdot 10^3$	$2,5 \cdot 10^3$	$2,5 \cdot 10^3$	$2,5 \cdot 10^3$	$2,5 \cdot 10^3$	$2,5 \cdot 10^3$	$2,5 \cdot 10^3$
2	Новая	$2,5 \cdot 10^6$	$2,5 \cdot 10^4$	$2,5 \cdot 10^5$	$2,5 \cdot 10^6$	$2,5 \cdot 10^6$	$2,5 \cdot 10^8$	$2,5 \cdot 10^6$	$2,5 \cdot 10^7$	$2,5 \cdot 10^8$	$2,5 \cdot 10^8$

Как видно из данных титр клеток и окислительная активность у ацидофильной ассоциации железо- и сероокисляющих бактерий гораздо выше на Новой среде чем на производственной при температуре 41^0C , численность клеток составляет на производственной среде $2,5 \cdot 10^3$, а на Новой среде $2,5 \cdot 10^8$ кл/мл.

Таким образом, наилучшей средой культивирования оказалась Новая среда, на которой выявлен наибольший титр клеток и более полный окислительный процесс.

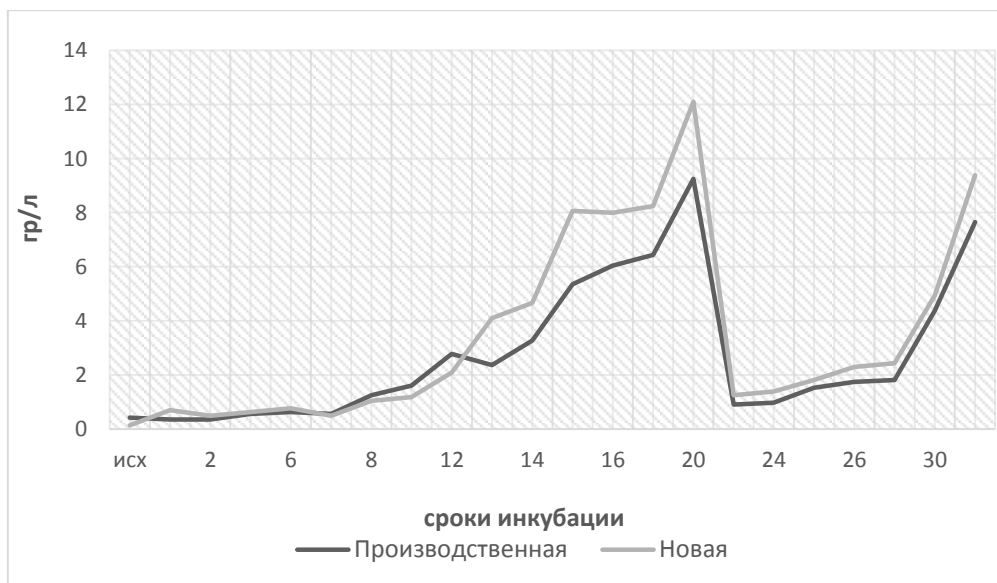


Рис.1 Окислительная активность по железу при биовыщелачивании флотоконцентрата на различных средах

Список литературы / References

1. Биогeотехнология металлов. Практическое руководство /Москва. ГКНТ. Изд-во Центра Международных проектов, (под редакцией Каравайко Г.И.), 1989. 375 с.
2. Егоров Н.С. Практикум по микробиологии. Москва. 1983. Из-во МГУ, 1983. 307 с.