

9-27-2019

DETERMINATION OF THE SUITABILITY OF BALANCE ORES "ALMALK MMC" JSC TO PROCESSING BY METHOD BIODINSTELLATION

M.G. Sagdieva

State Enterprise "Institute of Mineral Resources", Tashkent, Uzbekistan, info@gpniimr.uz

Sh. T. Khidirov

State Enterprise "Institute of Mineral Resources", Tashkent, Uzbekistan, info@gpniimr.uz

A.M. Mavzhudova

Institute of Microbiology, Academy of Sciences of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan, info@gpniimr.uz

R.Ch. Omonov

Tashkent Institute of Chemical Technology, Tashkent, Uzbekistan, info@gpniimr.uz

Follow this and additional works at: <https://uzjournals.edu.uz/gorvest>

 Part of the [Other Engineering Commons](#)

Recommended Citation

Sagdieva, M.G.; Khidirov, Sh. T.; Mavzhudova, A.M.; and Omonov, R.Ch. (2019) "DETERMINATION OF THE SUITABILITY OF BALANCE ORES "ALMALK MMC" JSC TO PROCESSING BY METHOD BIODINSTELLATION," *Gorniy vestnik Uzbekistana*: Vol. 2019 : Iss. 3 , Article 11.

Available at: <https://uzjournals.edu.uz/gorvest/vol2019/iss3/11>

This Article is brought to you for free and open access by 2030 Uzbekistan Research Online. It has been accepted for inclusion in Gorniy vestnik Uzbekistana by an authorized editor of 2030 Uzbekistan Research Online. For more information, please contact sh.erkinov@edu.uz.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИГОДНОСТИ ЗАБАЛАНСОВЫХ РУД АО «АЛМАЛЫКСКИЙ ГМК» К ПЕРЕРАБОТКЕ МЕТОДОМ БИОВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ



Сагдиева М.Г.,
гл. научный сотрудник ГП
«Институт минеральных ре-
сурсов», д.б.н., профессор



Хидиров Ш.Т.,
начальник отдела лицензи-
рования старательской добычи
Госкомгеологии ГП «Институт
минеральных ресурсов»



Мавжудова А.М.,
старший научный сотрудник
Института микробиологии АН
РУз, к.б.н.



Омонов Р.Ч.,
магистрант Ташкентского
химико-технологического
института

Olmalıq kon-metallurgiya kombinati (OTMK) faoliyatining 70 yillik faoliyati davomida, Olmalıq viloyati hududida 155 million tonna chiqindi rudasi va 1350 million tonna flotatsion chiqindilari misni qayta ishlash zavodidan yig'ilib, ular katta hududlarni egallab, ekologik xavf tug'dirmoqda. Olmalıq ruda maydonini o'rganish ob'ektlari: A-4 (oksidlangan ruda), A-7 (sulfidli ma'dan), 9a (oksidlangan ruda) va Qalmoqqir konining ochiq konlari. Ishda barcha o'rganilayotgan axlatxonalarining mikroflorasini keltirilgan, ulardan temir-oltingugurt oksidlovchi bakteriyalarning eng faol atsidofil birikmalari tanlangan. Laboratoriya ishlarida oksidlangan va sulfidli rudalarni to'planib biologik tozalash bo'yicha tadqiqotlar olib borildi, bu A-4 chiqindilarining oksidlangan rudalaridan misni suyuqitirish orqali 84 kun ichida 84,1% ga, sulfidli rudalarning A-7 axlatxonasidan 79,6% ga tushishini ko'rsatdi. OKMK chiqindi rudalarini qayta ishlash uchun biotexnologiyani yaroqliligini tasdiqlaydi

Tayanch iboralar: umumiy rudalar, mikroflora, bakteriyalarni tanlab eritmaga o'tkazish, geokimyoviy faollik, temir-oltingugurt oksidlovchi bakteriyalarning atsidofil birikmalari, mis, oltin.

*Na territorii Almalıykoskogo regiona za 70 let funktsionirovaniya AO «Almalıykoskiy gorno-metallurgicheskiy kombinat» (AGMK) napokli-
los' 155 mln tonn otvalnykh rud i 1 350 mln tonn xvostov flotatsii medno-obogatitel'noy fabriki, kotorye zaniyayut ogromnye plosh-
adi i predstavlyayut ekologicheskuyu opasnost'. Ob'ektom issledovaniy Almalıykoskogo rudnogo polya yavilis': otval A-4 (oksidnaya ruda), A-7
(sulfidnaya ruda), 9a (oksidnaya ruda) i ruda otkrytogo kar'yera mestorojdeniya Kalymakyr. V rabote predstavlena mikroflora vseh
issleduemykh otvalov, iz kotoroy otbiralı naibolee aktivnyye tsidofilye assotsiatsii zhelezo- seruokislyayushchikh bakteriy. Provedeny
laboratornyye issledovaniya po kuchnomu biovyshchelachivaniyu otvalnykh oksidnykh i sulfidnykh rud, kotorye pokazali, cho iz oksidnykh
rud otvala A-4 skvoznoye vyshchelachivaniye medı za 100 dney dostigayet 84,1%, a iz otvala A-7 sulfidnykh rud - 79,6%, cho svidetel'stvoet o
priygodnosti biotekhnologii dlya pererabotki otvalnykh rud AGMK*

Ключевые слова: отвалы руды, микрофлора, бактериальное выщелачивание, геохимическая активность, ацидофильные ассоциации железо-серуоокисляющих бактерий, медь, золото.

В последнее время во всех горнодобывающих странах мира особое внимание уделяется техногенному минеральному сырью (техногенные месторождения твердых полезных ископаемых), которое образуется в процессе добычи и переработки руд. Выгодными предпосылками для вовлечения в переработку отвалных руд и лежалых хвостов обогащения полиметаллических руд являются следующие факторы: большие запасы отходов с повышенным содержанием благородных, цветных и редких металлов, нахождение их на поверхности земли в районах с развитой инфраструктурой, тонкое измельчение хвостов флотации, следовательно, исключаются затраты на их добычу и применение дорогостоящих операций дробления и измельчения, сокращаются затраты на инфраструктуру. В последние годы, в связи с высокой ценой благородных и цветных металлов, возрос интерес к освоению техногенных месторождений, содержащих цветные, благородные и редкие металлы.

Одним из современных альтернативных способов, лишенный многих ограничений и недостатков традиционных пиро- и гидрометаллургических методов переработки первичного и вторичного металлургического сырья является биоготехнология. Применение биотехнологии в цветной металлургии позволяет по-новому подойти к решению сложных проблем переработки бедного, и особенно упорного трудновскрываемого сырья (в том числе лежалых отвалов и забалансовых руд), а с другой стороны, - в существенной степени упростить технологический процесс, заменяя в ряде случаев такие экологически вредные переделы как обжиг, кислотное разложение и т.п., на окислительное выщелачивание в достаточно мягких и экологически чистых условиях [1-3].

Промышленное использование технологий кучного выщелачивания меди применяется в основном в странах с теплым климатом - Чили, США,

Австралии, Перу, Мексике и других странах. В 2011 году во всем мире функционировало 23 фабрики, на которых получали 1,2 млн т анодной меди в год по биоготехнологии кучного выщелачивания. Кучное выщелачивание меди с использованием мезофильных микроорганизмов осуществлено в Китае, а с использованием термофильных бактерий в Чили [4, 5]. Хвосты обогащения медной предложено перерабатывать методом кучной биоготехнологии в Иране и Узбекистане [6, 7]. Показано, что себестоимость меди, получаемой биогидрометаллургическим методом в 1,5-2,0 раза ниже, чем традиционными классическими методами. С одной стороны, очевидна высокая экономическая эффективность биогидрометаллургических методов переработки, а с другой стороны, что немаловажно, в эксплуатацию вовлекаются отвалы некондиционных сульфидных забалансовых руд, количество которых составляет сотни миллионов тонн, занимающих огромные площади и загрязняющих окружающую среду.

Проблема переработки отвалных забалансовых руд актуальна и для Республики Узбекистан. В настоящее время на территории горнодобывающих предприятий Узбекистана накоплено огромное количество отходов, образующих техногенные месторождения, содержание полезных компонентов в которых, в ряде случаев, превышает их содержание в природных месторождениях, а запасы техногенного сырья сопоставимы с запасами коренных месторождений [8, 9].

Так, в АО «Алmalıykoskiy gorno-metallurgicheskiy kombinat» (AGMK) за его 70-летнюю деятельность накопилось около 200 млн т забалансовых руд различного типа, которые занимают площади и загрязняют окружающую среду. Количество хвостов флотации медно-обогатительной фабрики (МОФ), которые складываются в двух хвостохранилищах, на сегодняшний день достигает 1,3 млрд т [10,11].

Таблица 1
Краткая характеристика отвалов по основным металлам

Наименование отвала	Единица измерения	Количество	Содержание компонентов
Отвал А-4 (окисленная руда):	медь	5898,1	0,35 % 0,48 г/м 1,5 г/м
	золото	20,7	
	серебро	2830,0	
		9,18	
Отвал А-7 (сульфидная руда):	медь	45141,9	0,23 % 0,44 г/м 1,8 г/м
	золото	103,24	
	серебро	20150,2	
		81,933	
Отвал 9а (окисленная руда):	медь	2742,6	0,87 % 1,34 г/м 4,4 г/м
	золото	23,89	
	серебро	3682,5	
		12,1	
Открытый карьер (сульфидная руда):	медь		0,38 % 0,52 г/м 1,2 г/м
	золото		
	серебро		

Объектом исследований Алмалыкского рудного поля явились: отвал А-4 (окисленная руда), А-7 (сульфидная руда), 9а (окисленная руда) и руда открытого карьера месторождения Кальмакыр. Краткая характеристика по основным металлам исследованных руд отвалов и открытого карьера месторождения Кальмакыр приводится в таблице 1.

При проведении микробиологического обследования различных объектов Алмалыкского рудного поля на средах 9 К, Летена и Вакмана было выделено 72 культуры, из которых было отобрано 20 наиболее активных кислотофильных ассоциаций железобактерий с преобладанием *Acidithiobacillus ferrooxidans*.

Для определения геохимической активности эти культуры были адаптированы к пиритному концентрату, полученному при флотационном обогащении сульфидных некондиционных руд, путем многократных пересевов их на среды с различным соотношением Т:Ж (1:20; 1:15; 1:10; 1:5). Эксперименты по бактериальному выщелачиванию меди из пиритного концентрата проводили на качалке 180 об/мин, при температуре 28-32° С, рН 2,0-2,3, при соотношении твердой и жидкой фаз Т:Ж -1:10. Результаты проведенных исследований представлены в табл. 2.

Как явствует из данных табл. 2 наиболее активные микроорганизмы были выделены из руд отвала А-7 и открытого карьера месторождения Кальмакыр. К ним относятся ассоциации А-7-6, А-7-8, А-7-10, ОКМК-17, ОКМК-18 и ОКМК-20. В связи с этим, все последующие эксперименты по выщелачиванию меди из руд отвалов А-4 и А-7-были проведены с использованием ассоциаций А-7-10 и ОКМК-18, которые в настоящее время хранятся в лаборатории на пиритном концентрате методом, разработанным нами ранее [8]. Исследован видовой состав кислотофильных ассоциаций А-7-10 и ОКМК-18, показано преимущественное преобладание *A. ferrooxidans*, наличие *A. thiooxidans*, *Leptospirillum ferrooxidans* и *Sulfobacillus thermosulfidooxidans*. Для определения оптимальных параметров бактериального выщелачивания меди нами отобраны руды отвалов А-4 в качестве окисленных руд и А-7 в качестве сульфидных руд. Эксперименты по бактериальному выщелачиванию меди из руд отвалов А-4 и А-7 проводили на 5 образцах руд, отобранных из различных зон отвалов. Были определены влагоемкость различных образцов руд, проницаемость и расход серной кислоты, необходимый для закисления исследуемого материала. Данные представлены в табл. 3.

Таблица 3
Характеристика колонок с различными образцами руд отвалов А-4 и А-7

№ отвала	№ пробы	Влагоемкость, л/кг	Проницаемость, мл/час/см ²	Расход серной кислоты, г/кг
А-4	1	0,19	11,2	5,7
	2	0,18	9,8	5,5
	3	0,20	10,9	6,2
	4	0,17	9,8	6,4
	5	0,19	10,9	6,1
А-7	6	0,19	10,8	15,1
	7	0,22	9,6	14,4
	8	0,20	10,7	12,8
	9	0,19	9,9	14,3
	10	0,21	11,7	13,6

Данные табл. 3 показывают, что влагоемкость и проницаемость исследованных образцов руд отвалов А-4 и А-7 отличаются незначительно: влагоемкость варьирует от 0,17 до 0,22 г/кг, а проницаемость от 9,6 до 11,7. В то же время для закисления руд отвала А-4 требуется 5,5-6,4 г/кг концентрированной серной кислоты, а для руд отвала А-7 – 12,8-15,1 г/кг кислоты, что свидетельствует о природном закислении руд отвала А-4. Следует отметить, что просачиваемость после посева культуры и по мере выщелачивания меди ухудшается, так как происходит только измельчение руды, что сказывается на фильтрационной характеристике выщелачиваемого материала.

Таблица 2
Способность различных ассоциаций *A. ferrooxidans ferrooxidans* выщелачивать медь из пиритного концентрата (5 суток культивирования)

№	Шифр ассоциации	Место выделения	Окислительная активность по железу, мг/л/час	Количество бактерий, кл/мл	Концентрация меди на 5 сутки
1	А-4-1	Отвал А-4	42,0	6,0x10 ⁶	0,41
2	А-4-2		38,0	2,5x10 ⁶	0,38
3	А-4-3		51,0	6,0x10 ⁶	0,44
4	А-4-4		29,0	6,0x10 ⁶	0,28
5	А-4-5		58,0	1,3x10 ⁷	0,52
6	А-7-6	Отвал А-7	82,0	6,0x10 ⁸	0,74
7	А-7-7		78,0	1,3x10 ⁷	0,63
8	А-7-8		89,0	2,5x10 ⁸	0,80
9	А-7-9		69,0	6,0x10 ⁷	0,54
10	А-7-10		88,0	2,5x10 ⁷	0,81
11	9а-11	Отвал 9а	32,0	1,3x10 ⁶	0,34
12	9а-12		39,0	2,5x10 ⁶	0,35
13	9а-13		57,0	1,3x10 ⁷	0,54
14	9а-14		39,0	6,0x10 ⁶	0,38
15	9а-15		48,0	1,3x10 ⁶	0,42
16	ОКМК-16	Открытый карьер месторождения Кальмакыр	68,0	1,3x10 ⁷	0,64
17	ОКМК-17		87,0	1,3x10 ⁸	0,78
18	ОКМК-18		90,0	2,5x10 ⁹	0,85
19	ОКМК-19		72,0	6,0x10 ⁷	0,68
20	ОКМК-20		78,0	2,5x10 ⁸	0,71

Таблица 4

Развитие аборигенной микрофлоры в процессе закисления исследуемых руд

Наименование отвала и № пробы	№ цикла орошения	рН раствора на выходе	Количество бактерий на различных средах, кл/г,мл		
			<i>A. ferrooxidans</i>	<i>A. thiooxidans</i>	<i>T. denitrificans</i>
A-4	1	5,2	2,5x10 ¹	1,3x10 ⁰	2,5x10 ⁴
1		5,0	1,3x10 ²	1,3x10 ¹	1,3x10 ⁴
2		5,4	1,3x10 ²	н/о	1,3x10 ³
3		4,8	6,0x10 ¹	6,0x10 ⁰	6,0x10 ³
4		5,2	2,5x10 ¹	2,5x10 ⁰	2,5x10 ³
A-7	1	6,7	1,3x10 ¹	н/о	6,0x10 ³
6		6,2	2,5x10 ¹	1,3x10 ¹	2,5x10 ⁴
7		6,7	н/о	1,3x10 ¹	6,0x10 ⁴
8		6,0	6,0x10 ⁰	6,0x10 ⁰	2,5x10 ³
9		6,3	2,5x10 ¹	н/о	1,3x10 ⁴
A-4	5	4,4	6,0x10 ¹	1,3x10 ¹	2,5x10 ⁵
1		4,0	2,5x10 ²	6,0x10 ¹	2,5x10 ⁴
2		4,3	6,0x10 ¹	1,3x10 ¹	6,0x10 ⁴
3		4,0	6,0x10 ²	2,5x10 ¹	6,0x10 ⁴
4		4,3	6,0x10 ¹	2,5x10 ¹	2,5x10 ⁵
A-7	5	5,6	1,3x10 ¹	1,3x10 ¹	1,3x10 ⁵
6		5,4	2,5x10 ¹	6,0x10 ¹	1,3x10 ⁵
7		5,8	1,3x10 ¹	1,3x10 ¹	2,5x10 ⁴
8		5,2	6,0x10 ⁰	6,0x10 ¹	6,0x10 ³
9		5,4	2,5x10 ¹	6,0x10 ¹	2,5x10 ⁵
A-4	10	3,7	6,0x10 ²	1,3x10 ²	6,0x10 ⁴
1		3,4	2,5x10 ²	6,0x10 ¹	2,5x10 ³
2		3,7	1,3x10 ³	1,3x10 ²	6,0x10 ³
3		3,5	2,5x10 ¹	2,5x10 ²	2,5x10 ⁴
4		3,4	1,3x10 ³	2,5x10 ¹	6,0x10 ³
A-7	10	4,2	2,5x10 ³	2,5x10 ²	6,0x10 ⁴
6		4,1	2,5x10 ²	6,0x10 ¹	2,5x10 ⁵
7		4,3	1,3x10 ³	2,5x10 ²	6,0x10 ³
8		4,8	6,0x10 ²	6,0x10 ³	6,0x10 ⁴
9		4,4	6,0x10 ²	2,5x10 ²	6,0x10 ⁵
A-4	15	2,2	2,5x10 ⁴	2,5x10 ²	2,5x10 ²
1		2,6	2,5x10 ³	6,0x10 ²	1,3x10 ³
2		2,3	2,5x10 ⁴	1,3x10 ²	1,3x10 ²
3		2,5	2,5x10 ³	2,5x10 ¹	1,3x10 ³
4		2,3	1,3x10 ⁴	6,0x10 ²	6,0x10 ²
A-7	15	3,4	1,3x10 ⁵	1,3x10 ³	6,0x10 ⁴
6		3,2	2,5x10 ⁴	2,5x10 ²	2,5x10 ⁴
7		3,3	1,3x10 ⁴	2,5x10 ²	6,0x10 ³
8		3,6	2,5x10 ⁴	6,0x10 ³	6,0x10 ³
9		3,4	6,0x10 ⁴	6,0x10 ²	6,0x10 ³
A-4	20	2,0	1,3x10 ⁵	2,5x10 ³	2,5x10 ¹
1		2,3	2,5x10 ⁴	6,0x10 ³	1,3x10 ¹
2		2,1	6,0x10 ⁴	2,5x10 ⁴	1,3x10 ²
3		2,3	2,5x10 ⁴	2,5x10 ³	2,5x10 ¹
4		2,2	2,5x10 ³	1,3x10 ³	6,0x10 ⁰
A-7	20	2,5	1,3x10 ⁶	1,3x10 ⁵	2,5x10 ²
6		2,6	1,3x10 ⁵	6,0x10 ³	6,0x10 ¹
7		2,2	2,5x10 ⁵	2,5x10 ³	2,5x10 ²
8		2,6	2,5x10 ⁵	6,0x10 ²	1,3x10 ²
9		2,4	1,3x10 ⁶	6,0x10 ⁴	6,0x10 ¹

На стадии закисления исследуемых материалов еженедельно определяли развитие аборигенной микрофлоры на трех средах. Данные представлены в табл. 4.

Данные таблицы 4 показывают, что в процессе закисления в колонках с рудой отвала А-4 практически за 15 циклов орошений величина рН растворов на выходе снижается до значений 2,2-2,6, что свидетельствует о природном окислении сульфидных минералов. В колонках с рудой А-7 закисление материала происходит более длительно и заканчивается на 20 цикле орошения.

В целом, в процессе закисления через материал исследуемой руды было пропущено 6 л подкисленной воды с расходом серной кислоты в количестве 5,5-6,4 г/кг для окисленных руд и 12,8-15,1 г/кг для сульфидных руд. Количество аборигенной микрофлоры в процессе закисления сульфидных и окисленных руд изменялось пропорционально увеличению рН: количество ацидофильных микроорганизмов увеличилось от 10¹ кл/г до 10³⁻⁴ кл/г в окисленной руде, а в сульфидной - до 10⁶ кл/г. Количество же денитрифицирующих бактерий, наоборот, по мере

Таблица 5

Бактериальное выщелачивание меди из различных образцов руды отвала А-4

№ колонки	Число циклов	pH	Eh	Кол-во бактерий, кл/г	Концентрация меди, г/л
А-4-1 (к)	25	2,0	420	1,3x10 ⁴	0,4
	30	2,2	450	2,5x10 ⁴	0,8
	40	2,1	480	6,0x10 ⁴	0,9
А-4-1(о)	25	2,2	530	1,3x10 ⁵	0,6
	30	2,3	580	1,3x10 ⁴	0,9
	40	2,2	600	6,0x10 ⁵	1,0
А-4-2 (к)	25	2,3	430	2,5x10 ³	0,6
	30	2,2	480	1,3x10 ³	0,8
	40	2,0	520	1,3x10 ⁴	0,9
А-4-2(о)	25	2,2	540	2,5x10 ⁵	0,7
	30	2,2	590	2,5x10 ⁴	0,9
	40	2,3	620	6,0x10 ⁵	1,1
А-4-3 (к)	25	2,2	400	1,3x10 ⁴	0,5
	30	2,4	440	2,5x10 ⁴	0,7
	40	2,3	460	6,0x10 ⁴	0,8
А-4-3(о)	25	2,2	500	1,3x10 ⁵	0,7
	30	2,3	540	1,3x10 ⁴	0,9
	40	2,3	550	6,0x10 ⁵	0,9
А-4-4 (к)	25	2,0	460	1,3x10 ⁴	0,5
	30	2,1	500	6,0x10 ³	0,6
	40	2,0	480	1,3x10 ³	0,7
А-4-4(о)	25	2,1	560	6,0x10 ⁴	0,7
	30	2,2	590	2,5x10 ⁵	0,9
	40	2,2	600	6,0x10 ⁴	1,0
А-4-5 (к)	25	2,2	420	6,0x10 ³	0,6
	30	2,0	440	6,0x10 ³	0,8
	40	2,1	450	1,3x10 ³	0,7
А-4-5(о)	25	2,0	520	6,0x10 ⁴	0,8
	30	2,1	550	1,3x10 ⁵	0,9
	40	2,0	580	2,5x10 ⁵	1,0

Таблица 6

Бактериальное выщелачивание меди из различных образцов руды отвала А-7

№ колонки	Число циклов	pH	Eh	Кол-во бактерий, кл/г	Концентрация меди, г/л
А-7-1 (к)	25	2,2	460	1,3x10 ⁴	0,2
	30	2,0	480	2,5x10 ⁴	0,6
	40	2,0	490	6,0x10 ⁴	0,6
А-7-1(о)	25	2,4	580	1,3x10 ⁷	0,6
	30	2,3	640	1,3x10 ⁸	1,2
	40	2,0	620	6,0x10 ⁷	1,0
А-7-2 (к)	25	2,3	430	2,5x10 ³	0,3
	30	2,2	480	1,3x10 ³	0,7
	40	2,0	520	1,3x10 ⁴	0,6
А-7-2(о)	25	2,2	540	2,5x10 ⁶	0,8
	30	2,2	590	2,5x10 ⁸	0,9
	40	2,3	620	6,0x10 ⁷	1,0
А-7-3 (к)	25	2,2	440	2,5x10 ³	0,5
	30	2,1	450	1,3x10 ³	0,8
	40	2,0	460	1,3x10 ⁴	0,8
А-7-3(о)	25	2,0	560	1,3x10 ⁸	0,8
	30	2,2	590	2,5x10 ⁸	1,0
	40	2,1	600	2,5x10 ⁸	1,0
А-7-4 (к)	25	2,2	480	2,5x10 ³	0,4
	30	2,2	480	1,3x10 ³	0,7
	40	2,1	500	1,3x10 ⁴	0,8
А-7-4(о)	25	2,3	540	2,5x10 ⁷	0,8
	30	2,0	590	1,3x10 ⁸	0,9
	40	2,1	620	6,0x10 ⁷	1,0
А-7-5 (к)	25	2,3	430	2,5x10 ³	0,6
	30	2,2	480	1,3x10 ³	0,7
	40	2,0	520	1,3x10 ⁴	0,8
А-7-5(о)	25	2,2	540	2,5x10 ⁶	0,8
	30	2,2	590	2,5x10 ⁸	0,9
	40	2,3	640	6,0x10 ⁷	1,0

за кислению материала колонки уменьшалось от 10³⁻⁴ кл/г до 10⁰⁻¹ кл/г. В процессе закисления после достижения pH растворов на выходе до величины 3,0 и ниже концентрация железа в растворе на выходе увеличивалась до 2,2-2,8 г/л, причем как правило, в двухвалентной форме для сульфидных руд, а для окисленной руды в некоторых колонках железо обнаруживается и в трехвалентной форме. В период циклов 15-20 в некоторых колонках с окисленной рудой наблюдается выщелачивание и меди в концентрации 0,05-0,1 г/л, что свидетельствует о растворении окисленных форм меди. После засева опытных колонок культуральной жидкостью ацидофильной ассоциации железобактерий А-7-10 бактериальное выщелачивание проводили по режиму: 10 часов – орошение, 62 часа – пауза. Результаты экспериментов с окисленной рудой отвала А-4 представлены в таблице 5, а отвала А-7 - в табл. 6.

Анализ данных, представленных в табл. 5, по бактериальному выщелачиванию меди из руд отвала А-4 в колонках свидетельствует о том, что все отобранные образцы проб подвергаются биовыщелачиванию, и значительного различия между контрольными и опытными вариантами экспериментов не наблюдается. Также не обнаруживается заметного различия и по выщелачиванию меди между опытными и контрольными вариантами экспериментов. Однако для руд отвала А-7 засев культуральной жидкостью ассоциации железобактерий в значительной степени сказывается на выщелачивании меди, количество микроорганизмов достигает 10⁸ кл/г на 30 цикле орошения, а концентрация меди в растворе увеличивается до 1,0-1,2 г/л. Об активном окислении сульфидных минералов свидетельствуют и значения Eh, величина которых повышается до 750-800 мВ. С целью интенсификации процессов выщелачивания меди из исследуемых руд нами были проведены эксперименты с добавлением солей аммония и фосфора при смачивании руд и эксперименты с удалением мелкой фракции руд (0,1 мм) просеиванием на сите. Как показали результаты опытов, соли аммония и фосфора в значительной степени интенсифицируют активность микроорганизмов, а удаление мелкой фракции способствует улучшению проницаемости и фильтруемости руд. Результаты проведенных опытов по извлечению меди из исследуемых руд методом бактериального выщелачивания представлены в табл. 7.

Таблица 7

Усредненные данные по бактериальному выщелачиванию меди из различных руд

Варианты опыта	Количество циклов	Извлечение меди, %	
		контроль	опыт
А-4	30	44,0	68,0
А-7	40	32,0	62,0
А-4 (с солями)	40	58,0	78,0
А-7 (с солями)	40	47,0	72,0
А-4 (крупная часть)	40	64,0	80,0
А-7 (крупная часть)	40	47,0	74,0
А-4 (крупная часть с солями)	40	48,0	80,2

На основании полученных результатов опытов можно полагать, что окисленные руды отвалов могут быть выщелочены и сернокислотным выщелачиванием за счет развивающейся аборигенной микрофлоры, значительно интенсифицирующей окисление незначительного количества сульфидных минералов. При выщелачивании сульфидных руд отвала А-7 извлечение меди увеличивается в два раза при дополнительном внесении активной ассоциации тионовых бактерий.

Таким образом, показана пригодность сульфидных руд отвала А-7 к переработке методом бактериального выщелачивания, а для переработки окисленных руд отвала А-4 могут быть использованы методы сернокислотного выщелачивания. Оптимальными параметрами бактериального выщелачивания сульфидных руд в перколяторах являются: использование руды с удалением мелкой фракции, добавление солей аммония (1 г/л) и фосфора (0,25 г/л), величина pH орошаемых растворов 2,2-2,0, скорость орошения 30 мл/час, пауза - 62 часа, посев культурой, выращенной на модифицированной среде 9 К.

Таблица 8

Данные по результатам укрупненно-лабораторных испытаний по бактериальному выщелачиванию меди из окисленных руд отвала А-4

Название операции	Суммарное время процесса, сутки	РН Раствора на выходе	Количество acidофильных железобактерий				Сквозное извлечение меди	
			На поверхности	В средней части	В нижней части	В оборотном растворе, кл/мл	*Количество металла, г	** % от исходного
Закисление материала	5	4,54	2,5x10 ³	6,0x10 ²	2,5x10 ²	6,0x10 ¹	2,01	8,6
	10	3,70	6,0x10 ⁵	2,5x10 ⁵	2,5x10 ⁴	6,0x10 ²	7,11	30,4
	15	2,05	2,5x10 ⁵	6,0x10 ⁵	6,0x10 ⁵	2,5x10 ⁴	10,18	43,5
Выщелачивание в режиме проток-пауза	20	2,16	6,0x10 ⁶	2,5 x10 ⁶	2,5x10 ⁶	1,3 x10 ⁶	11,30	48,3
	40	2,20	1,3x10 ⁷	1,3 x10 ⁷	6,0x10 ⁷	6,0x10 ⁷	14,35	61,5
	60	2,05	2,5x10 ⁷	2,5 x10 ⁷	2,5x10 ⁷	2,5 x10 ⁵	14,35	68,8
	80	1,92	6,0x10 ⁷	6,0x10 ⁷	1,3x10 ⁷	6,0x10 ⁵	17,18	73,4
	100	1,96	2,5x10 ⁷	6,0x10 ⁷	6,0x10 ⁷	1,3 x10 ⁵	19,68	84,1

* Расчет ведется по содержанию меди в элюате;

** Расчет ведется по количеству выщелоченной меди.

Таблица 9

Данные по результатам укрупненно-лабораторных испытаний по бактериальному выщелачиванию меди из сульфидных руд отвала А-7

Название операции	Суммарное время процесса, сутки	РН раствора на выходе	Количество acidофильных железобактерий				Сквозное извлечение меди	
			На поверхности	В средней части	В нижней части	В оборотном растворе, кл/мл	*Количество металла, г	** % от исходного
Закисление материала	5	4,32	6,0x10 ¹	2,5 x10 ¹	6,0x10 ¹	6,0x10 ⁰	0,44	4,7
	10	3,45	2,5x10 ³	6,0x10 ²	6,0x10 ²	6,0x10 ¹	0,99	10,5
	15	1,98	2,5x10 ⁶	6,0x10 ⁵	2,5x10 ⁵	2,5x10 ²	2,39	24,3
Выщелачивание в режиме проток-пауза	20	1,84	2,5 x10 ⁷	6,0x10 ⁶	2,5x10 ⁷	6,0x10 ⁴	3,16	33,5
	40	1,80	1,3 x10 ⁸	6,0x10 ⁷	1,3x10 ⁸	6,0x10 ⁶	3,95	41,8
	60	1,85	2,5 x10 ⁸	6,0x10 ⁸	6,0x10 ⁸	2,5x10 ⁸	5,13	54,3
	80	1,82	6,0x10 ⁸	2,5x10 ⁸	6,0x10 ⁷	2,5x10 ⁶	6,33	67,1
	100	1,78	1,3 x10 ⁷	6,0x10 ⁷	2,5x10 ⁸	2,5x10 ⁸	7,51	79,6

* Расчет ведется по содержанию меди в элюате;

** Расчет ведется по количеству выщелоченной меди.

Укрупненно-лабораторные испытания бактериального выщелачивания меди из сульфидных и окисленных руд проводили в колонках на 3 кг исследуемого материала. Для извлечения меди из продуктивных растворов использовали метод осаждения на железном скрапе и метод сорбции на смоле S-930, предоставленной ЦХТЛ АГМК и выпускаемой английской фирмой «Puro-lite». В результате проведенных экспериментов по извлечению меди из продуктивных растворов бактериального выщелачивания меди показано, что цементацию на железном скрапе эффективно использовать только на продуктивных растворах, ненасыщенных органическими веществами: т.е. по мере выщелачивания с увеличением органических соединений – метаболитов бактерий, процент извлечения меди снижается с 81 до 58%. В то время как на сорбцию меди на смоле S-930 наибольшее влияние имеет значение pH продуктивных растворов и соотношение форм железа в этих растворах: сорбция на смоле наиболее успешно проходит при значениях pH выше 3,5, и при наименьшем содержании Fe³⁺. Извлечение меди из продуктивных растворов на железном скрапе варьирует от 81% до 58%, а извлечение меди на сорбенте S-930, независимо от состава растворов, составляет 89–93%. Данные укрупненных лабораторных испытаний по бактериальному выщелачиванию меди из сульфидных и окис-

ленных руд представлены в таблицах 8 и 9. Как показывают данные таблицы 8, в процессе выщелачивания меди из окисленных руд в течение 15 дней происходит закисление исследуемого материала до pH 2,05, численность бактерий увеличивается до 2,5x10⁵ кл/г, а после посева культуры – до 6x10⁷ кл/г, концентрация меди в продуктивных растворах варьирует от 0,4 г/л до 1,0 г/л. Сквозное извлечение меди в процентах от исходного составляет за 100 дней 84,1%.

Данные таблицы 9 свидетельствуют о том, что в отличие от результатов выщелачивания окисленных руд, в сульфидных рудах численность железобактерий в процессе выщелачивания увеличивается до 10⁸ кл/г, pH продуктивных растворов снижается до 1,7–1,8 за счет образования серной кислоты в процессе окисления сульфидных минералов, а сквозное извлечение меди составляет за 100 дней 79,6%.

В целом, результаты проведенных укрупненных лабораторных испытаний по биовыщелачиванию меди из окисленных и сульфидных руд отвалов А-4 и А-7 показывают, что для окисленных руд можно использовать сернокислотное выщелачивание с интенсификацией аборигенной микрофлоры, а для сульфидных руд необходимо производить посев культуры железобактерий, что в значительной степени активизирует процесс биовыщелачивания. Для извлече-

ния меди из продуктивных растворов могут быть использованы как метод цементации меди на железном скрапе, метод экстракции, так и метод сорбции на смолу S-930. Использование того или другого способа в процессе биовыщелачивания меди будут определять экономические показатели.

Полученные данные легли в основу разработанного технологического регламента для проведения опытно-промышленных испытаний на массе руды 5000 т.

В результате проведенных исследований сделаны следующие выводы:

1. В рудах с кислой и слабокислой средой наблюдается развитие железозакисляющих бактерий, что свидетельствует об активном окислении сульфидных минералов, в то время как в рудах с высоким значением pH обнаруживаются тионовые бактерии, окисляющие серу и различные восстановленные соединения серы.

2. На основании проведенного скрининга выделенных геохимически активных микроорганизмов из различных руд Алмалыкского рудного поля были отобраны наиболее активные ацидофильные ассоциации, окисляющие сульфидные минералы некондиционных руд. Путем адаптации к пиритному концентрату, полученному флотационным обогащением, получены высокоактивные железозакисляющие культуры (А-7-6, А-7-8, А-7-10, ОКМК-17, ОКМК-18 и ОКМК-20), которые были использованы для бактериального выщелачивания меди.

3. Для окисленных руд влагоемкость составляет 0,17-0,2 л/кг, проницаемость – 9,8-11,2 мл/час/см², расход серной кислоты для закисления – 5,5-6,4 г/кг; для сульфидных руд – 0,19-0,22 л/кг, 9,6-11,7 мл/час/см² и 12,8-15,1 г/кг соответственно.

4. Определены оптимальные параметры технологии бактериально-выщелачивания меди в перколяторах: использование руды с удалением мелкой фракции, добавление солей аммония (1,0 г/л) и фосфора (0,25 г/л), величина pH орошаемых растворов 2,2-2,0, скорость орошения 30 мл/час, пауза – 62 часа, посев культурой, выращенной на модифицированной среде 9 К.

5. Результаты проведенных лабораторных и укрупненно-лабораторных испытаний по выщелачиванию меди из окисленных руд отвала А-4 показывают, что в процессе закисления материала численность аборигенной микрофлоры достигает 10⁴⁻⁵ кл/г для железозакисляющих микроорганизмов, а извлечение меди при этом составляет около 50%. Общее сквозное выщелачивание меди за 100 дней достигает 84,1%. Для выщелачивания меди из окисленных руд рекомендуется проведение сернокислотного выщелачивания с интенсификацией аборигенной микрофлоры, которое достигается при постепенном закислении руды.

6. Бактериальное выщелачивание меди из сульфидных руд в лабораторных и укрупненно-лабораторных экспериментах показывает, что в процессе закисления материала в продуктивные растворы выщелачивается только 33,5% меди, а численность аборигенной микрофлоры достигает 10⁵⁻⁶ кл/г. При интродукции материала руды железозакисляющими микроорганизмами количество бактерий увеличивается до 10⁷⁻⁸ кл/г, а выщелачивание меди активизируется и достигает 79,6% за 100 дней.

7. Разработан технологический регламент для проведения опытно-промышленных испытаний по биотехнологии переработки отвальных руд на массе руды 5000 т.

Библиографический список:

1. Каравайко Г.И., Росс Дж., Агапе А., Грудев С., Авакян З.А. Биоготехнология металлов. Практическое руководство: М.: Центр Международных проектов ГКНТ. 1989. 375 с.
2. Росси Дж. Подземное и кучное выщелачивание. Выщелачивание в отвалах // Биоготехнология металлов. Практическое руководство / Под ред. Г.И. Каравайко, Дж. Росси, А. Агапе, С. Грудев, З.А. Авакян. М.: Центр Международных проектов ГКНТ. 1989. С. 228-326.
3. Ehrlich H.L. Past, present and future biohydrometallurgy // Inter. Biohydromet. Symposium "Biohydrometallurgy and environment toward the of the 21st century", 1999, pp. 3-12.
4. Renman R., Jiankang W. Bacterial heap-leaching practice in Zijinshan copper mine // Proc. 16th Biohydrometallurgy Symp. (IBS 2005) / Eds. S.T.L. Harrison, D.E. Rawlings, J. Peterson/ Cape Town. South Africa: Compress, 2005. pp. 137-144.
5. Batty J.D., Rorke G.V. Development and commercial demonstration of the BioCoptm thermophile process // Ibid. Cape Town. South Africa: Compress, 2005. pp. 153-161.
6. Sagdiyeva M.G., Borminskiy S.I., Rakhmatullaeva Z.E., Tonkikh A.K., Sanakulov K.S., B. Scott. Biohydrometallurgical Processing of Flotation Tailings from Different Copper Mills. // Proceedings of 17th International Biohydrometallurgical Symposium, 2007, Frankfurt on Maine, pp. 299-303.
7. Сагдиева М.Г., Борминский С.И., Василенок О.П., Кудашева Л.Г., Иванова Г.В. Опытные-промышленные испытания биотехнологии переработки хвостов флотации медно-обогатительной фабрики. // Горный журнал. (Россия). Спецвыпуск. 2009. С. 52-54.
8. Бадалов С.Т. Минералогия и геохимия эндогенных месторождений Алмалыкского рудного поля / Ташкент, Фан, 1965, 275 с.;
9. Вологдин Н.Ф., Каширский С.А. Техногенные месторождения – резерв минерально-сырьевой базы действующих горнодобывающих предприятий АГМК. / г. Алмалык, 1997, 186 с.
10. Туресебеков А.Х., Каширский С.А., Вологдин Н.Ф. Минералого-геохимическая оценка золотоносности техногенных месторождений как резерв минерально-сырьевой базы действующих горнодобывающих предприятий Республики Узбекистан // Тезисы докладов Международного совещания "Природные и техногенные россыпи и месторождения коры выветривания на рубеже тысячелетий", Москва, 2000, С. 200-203.
11. Сагдиева М.Г. Биогидрометаллургические методы извлечения цветных, благородных и редких металлов из различных видов нетрадиционного рудного сырья Республики Узбекистан. // Узбекский биологический журнал, № 1-2, 2006, С. 11-18.

DETERMINATION OF THE SUITABILITY OF BALANCE ORES "ALMALYK MMC" JSC TO PROCESSING BY METHOD BIODINSTELLATION

¹Sagdieva M.G., Doctor of Biological Sciences, Professor, Chief Researcher of the State Enterprise "Institute of Mineral Resources", info@gpniimr.uz

¹Khidirov Sh.T., Head of the Licensing Department of Prospecting in the State Committee on Geology, info@gpniimr.uz

²Mavzhudova A.M., Senior Researcher, info@gpniimr.uz

³Omonov R.Ch., master student, info@gpniimr.uz

¹State Enterprise "Institute of Mineral Resources", Tashkent, Uzbekistan

²Institute of Microbiology, Academy of Sciences of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan

³Tashkent Institute of Chemical Technology, Tashkent, Uzbekistan

Abstract

Over the 70 years of operation, Almalyk Mining and Metallurgical Combine (AMMC) has accumulated 155 million tons of waste ore and 1,350 million tons of flotation tailings of a copper-processing plant in the territory of the Almalyk region, which occupy huge areas and pose an environmental hazard. The objects of research at the Almalyk ore field were: A-4 blade (oxidized ore), A-7 (sulfide ore), 9a (oxidized ore), and open-pit ore of Kalmakyr deposit. The paper presents the microflora of all the studied dumps, from which the most active acidophilic associations of iron-sulfur-oxidizing bacteria were selected. Laboratory studies have been carried out on the heap bioleaching of dumped oxidized and sulphide ores, which showed that from oxidized ores of the A-4 heap, the through leaching of copper in 100 days reaches 84.1%, and from the A-7 heap of sulfide ores - 79.6%, which testifies to the suitability of biotechnology for the processing of dump ores AMMC.

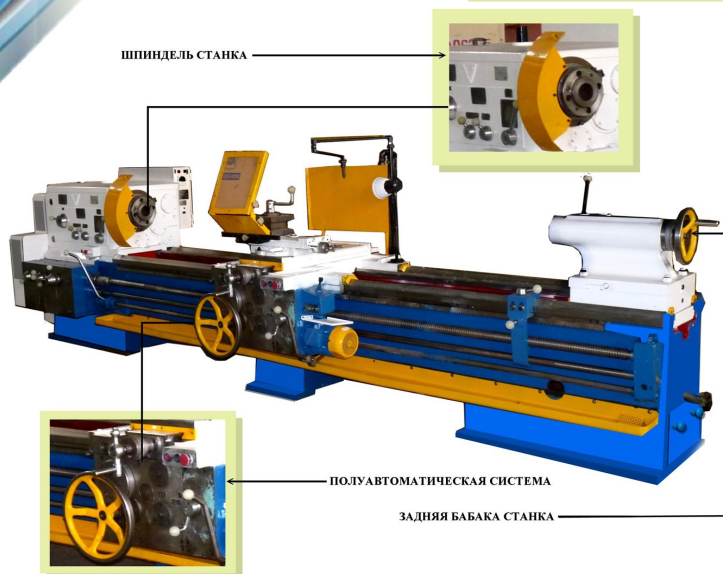
Keywords: waste ores, microflora, bacterial leaching, geochemical activity, acidophilic associations of iron-sulfur-oxidizing bacteria, copper, gold.

References

1. Karavaiko G.I., Ross J. Agate A. Grudev S., Avakyan Z.A. Biogeochemistry of metals. Practical Guide: M.: Center for International Projects of the State Committee for Science and Technology. 1989. 375 p.
2. Rossi J. Underground and heap leaching. Leaching in waste dumps // Biogeochemistry of metals. Practical Guide / Ed. G.I. Karavaiko, J. Rossi, A. Agate, S. Grudev, Z.A. Avakian. M.: Center for International Projects of the State Committee for Science and Technology. 1989. pp. 228-326.
3. Ehrlich H.L. Past, present and future biohydrometallurgy // Inter. Biohydromet. Symposium "Biohydrometallurgy and environment for the 21st century", 1999, pp. 3-12;
4. Renman R., Jiankang W. Bacterial heap-leaching practice in the Zijinshan copper mine // Proc. 16th Biohydrometallurgy Symp. (IBS 2005) / Eds. S.T.L. Harrison, D.E. Rawlings, J. Peterson / Cape Town. South Africa: Compress, 2005. pp. 137-144.
5. Batty J.D. Rorke G.V. Development and commercial demonstration of the BioCoptm thermophile process // Ibid. Cape Town. South Africa: Compress, 2005. pp. 153-161.
6. Sagdiyeva M.G., Borminskiy S.I., Rakhmatullaeva Z.E., Tonkikh A.K., Sanakulov K.S., B. Scott. Processing of Flotation Tailings from Different Copper Mills. // Proceedings of the 17th International Biohydrometallurgical Symposium, 2007, Frankfurt on Maine, pp. 299-303.
7. Sagdiyeva M.G., Borminsky S.I., Vasilenok O.P., Kudasheva L.G., Ivanova G.V. Pilot-industrial testing of biotechnology processing of flotation tailings of a copper-processing plant. // Mountain log. (Russia). Special edition. 2009. pp. 52-54.
8. Badalov S.T. Mineralogy and geochemistry of endogenous deposits of the Almalyk ore field / Tashkent, Fan, 1965, 275 p.
9. Vologdin N.F., Kashirsky S.A. The technogenic deposits are a reserve of the mineral resource base of the operating mining enterprises of the AMMC. / Almalyk, 1997, 186 p.;
10. Turesebekov A.Kh., Kashirsky S.A., Vologdin N.F. Mineralogical and geochemical assessment of gold-bearing technogenic deposits as a reserve of the mineral resource base of existing mining enterprises of the Republic of Uzbekistan // Abstracts of the International Meeting "Natural and man-made placers and weathering deposits at the turn of the millennia", Moscow, 2000, pp. 200-203.
11. Sagdiyeva M.G. Biohydrometallurgical methods of extraction of non-ferrous, noble and rare metals from various types of unconventional ore raw materials of the Republic of Uzbekistan. // Uzbek Biological Journal, № 1-2, 2006, pp. 11-18.



СТАНОК ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНЫЙ МОДЕЛИ 1М63



Государственное Предприятие НГМК
 Производственное Объединение
 "Навийский машиностроительный завод"
 Адрес: г. Навои, ул. Инспекторов, 5
 Тел: (+99879) 227-62-14, 227-64-23,
 Факс: (+99879) 223-48-78.
 Email: infonmz@ngmk.uz