
© М.В. Рыльникова, Д.Н. Радченко,
Д.А. Милкин, А.Г. Звягинцев,
2010

УДК 622.775

**М.В. Рыльникова, Д.Н. Радченко, Д.А. Милкин,
А.Г. Звягинцев**

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ЦЕННЫХ КОМПОНЕНТОВ ИЗ ТЕКУЩИХ ХВОСТОВ ОБОГАЩЕНИЯ МЕДНО-КОЛЧЕДАННЫХ РУД *

Дано обоснование возможности и целесообразности своевременной переработки отходов и их утилизации на основе установления закономерностей физико-химических процессов массопереноса ценных компонентов при кучном выщелачивании. Установлены в лабораторных и опытно-промышленных исследованиях рациональные параметры и режимы процесса выщелачивания текущих хвостов обогащения Бурибаевской фабрики.

Ключевые слова: выщелачивание, горные компании, геотехнологическая задача, хвосты обогащения.

Семинар № 25

Современные горно-геологические и горнотехнические условия на большинстве медно-колчеданных месторождений Урала характеризуются как сложные. При этом наиболее крупные месторождения богатых руд и их отдельные участки, залегающие на небольших глубинах, уже отработаны. В отработку вовлекаются новые медно-колчеданные месторождения, такие как Юбилейное, Ново-Учалинское, Подольское, с нарастающей динамикой добычи, что, в свою очередь, неизбежно приводит к росту объемов отходов переработки руд. Несмотря на постоянное совершенствование технологии флотационного обогащения медно-колчеданных руд, общепризнанно, что обеспечить полное извлечение из них ценных компонентов, таких как медь и цинк, этим методом невозможно, ввиду сложных структурно-текстурных особенностей руд. Кроме

того, извлечение попутных компонентов собственно обогатительными процессами технологически и экономически нереально. Анализ развития отечественной горной промышленности свидетельствует, что ее формирование происходило по отраслевому принципу, не предполагающему комплексное использование минерально-сырьевых ресурсов. Только в последние годы, характеризующиеся высоким и нарастающим спросом на минеральное сырье, крупные горные компании приступили к проведению исследований в направлении повышения полноты и комплексности освоения месторождений [1].

Очевидно, что реализация принципов более полного извлечения ценных компонентов из добываемого сырья невозможна без переработки отходов, в частности, хвостов обогащения, которые в настоящее время складируются в хвостохранилища, где

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ – 09-05-00675-а.

Таблица 1
Содержание металлов и окислов в текущих хвостах Бурибаевского ГОКа, %

Металлы и окислы	Содержание
Медь	0,3
Цинк	0,54
Сера	20,7
Железо	18,49
Кадмий	0,0029
Свинец	0,059
Мышьяк	0,02
Al_2O_3	5,53
MgO	1,8
CaO	1,52
Au, г/т*	1,7
Ag, г/т*	12,2
Na_2O	0,6
SiO_2	38,9
Fe_2O_3	23
CuO	0,7
ZnO	0,4
BaO	0,3

* - содержание золота и серебра в хвостах приведено в граммах на тонну

происходят процессы природного выщелачивания, миграция металлов в окружающую среду, приводящие к изменению вещественного состава и технологических свойств хвостов в процессе хранения.

Геотехнологической задачей является поиск решений, обеспечивающих своевременную переработку отходов и их утилизацию на основе установления закономерностей физико-химических процессов массопереноса ценных компонентов при выщелачивании. Актуальность проведения исследований, направленных на поиск технологии переработки отходов обогащения, обусловлена также необходимостью сокращения экологических платежей при минимизации воздействия на природные экосистемы. Это связано, прежде всего, с постоянно ужесточающейся нормативно-правовой базой в области экологической безопасности горнодобыва-

ющих предприятий, требованиями экологического надзора в части решения вопросов охраны окружающей среды.

Для обоснования возможности и целесообразности вовлечения хвостов обогащения в промышленную эксплуатацию на базе Бурибаевского ГОКа были проведены лабораторные исследования технологии выщелачивания текущих хвостов Бурибаевской фабрики.

Выполненным в лаборатории исследованиями по изысканию путей вовлечения текущих хвостов обогащения Бурибаевского ГОКа в промышленную эксплуатацию была установлена возможность их кучного выщелачивания после предварительного окомкования [2]. Химический состав текущих хвостов приведен в табл. 1.

В ходе эксперимента в лабораторных условиях был проведен факторный анализ выщелачивания текущих хвостов обогащения. Установлены закономерности влияния состава растворителя, режима и продолжительности из них выщелачивания на качество продуктивных растворов и уровень извлечения ценных компонентов. Рациональные параметры технологии, полученные на базе лабораторных исследований, приведены в табл. 2.

Для проверки результатов, полученных в лабораторных условиях, было принято решение о проведении опытно-промышленной апробации физико-химической геотехнологии на промплощадке Бурибаевского ГОКа.

Технологическая схема, разработанная для апробации технологии, приведена на рис. 1. Обезвоживание хвостов обогащения было предложено производить на фабрике с использованием незадействованной на тот момент линии обезвоживания цинкового концентрата. Влажность обез-

Таблица 2

**Параметры технологии окомкования и кучного выщелачивания
текущих хвостов обогащения по данным лабораторных исследований**

№ п/п	Технологический процесс
1.	<p>Окомкование</p> <p>1. Исходная влажность хвостов $\leq 8\%$</p> <p>2. Состав шихты:</p> <ul style="list-style-type: none"> - текущие хвосты обогащения - 90 мас.%; - гранулированный шлак медной плавки крупностью $-0,044 \text{ мм}$ - 5 мас.%; - негашеная обожженная тонкоизмельченная известь – 5 мас. %, - вода (с учетом влажности хвостов) <p>3. Физико-механические свойства окатышей:</p> <ul style="list-style-type: none"> - пластические (сохранение формы при сбросе с высоты 3 м в момент приготовления); - прочностные (прочность после набора прочности $\geq 1,3 \text{ МПа}$); - стабильная механическая устойчивость в кислой среде
2.	<p>Выщелачивание</p> <p>1. Концентрация серной кислоты $\leq 2\%$, $\text{pH} \leq 1,5-2$; $\text{Eh} \leq 0,4\text{В}$</p> <p>2. Режим выщелачивания – инфильтрационно-капиллярный</p> <p>3. Коэффициент фильтрации, не менее 15 м/сут</p> <p>4. Продолжительность выщелачивания, не менее 60 сут</p> <p>5. Содержание меди в продуктивном растворе, не менее $1000 \text{ мг}/\text{дм}^3$</p> <p>6. Требуемый проектный уровень извлечения меди – 85 %</p>

воженных хвостов при этом была выше рекомендованной – 8%, поэтому хвосты подвергались дополнительной сушке на складе при перемешивании погрузчиком.

Окомкование производилось в барабанном окомкователе, смонтированном силами ремонтной службы Бурибаевского ГОКа. Перемешивание компонентов шихты, подача ее в окомкователь, прием окатышей на выходе и формирование штабеля осуществлялось вручную.

Исследование режимов и параметров окомкование производилось в течение 2 недель. При этом варьировался расход вяжущего (извести), подбирался оптимальный расход воды. Перемешивание компонентов шихты, дозирование ее в окомкователь, подача воды из трубопровода, прием окомкованного сырья и его укладка в кучу, а также очистка внутренней поверхности барабана от налипшего материала производилась вручную в опытно-промышленном эксперименте.

Опытным путем установлено, что рациональный расход вяжущего – пыли известково-доломитового производства составляет 3% от общего объема шихты, что ниже установленного в лабораторных условиях расхода - 5 %. Разница расхода определяется лучшими условиями окомкования в промышленном окомкователе. Расход воды, который был необходим для окомкования хвостов обогащения составил $0,125 \text{ дм}^3$ на 1 кг шихты, что также ниже установленного в лаборатории – 0,2-0,25. Важным условием получения прочных, крупных окатышей является струйная периодическая подача воды в окомкователь, а не разбрзгивание. Ранее рекомендованный угол наклона барабана окомкователя 4-6 град. не обеспечивал интенсивное продвижение окатышей к разгрузочному концу и тем самым приводил к увеличению продолжительности окомкования. Рациональный угол, обеспечивающий накат и требуемую степень уплотнения окатышей, составил 8 град.

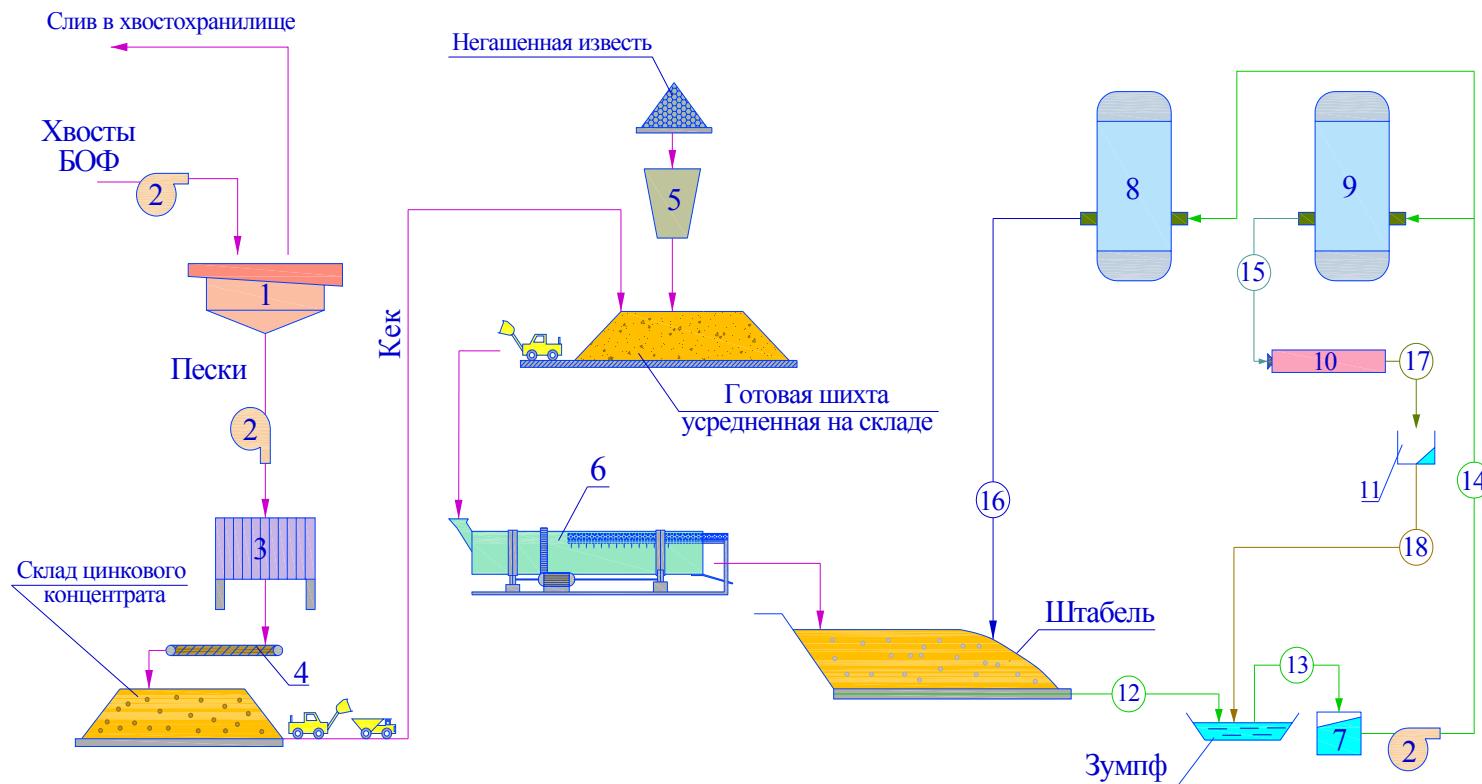


Рис. 1. Схема цепи аппаратов: 1 – густитель рамного типа; 2 – насос; 3 – дисковый вакуум-фильтр; 4 – конвейер обезвоженных хвостов на склад цинкового концентратата; 5 – мельница сухого помола; 6 – барабанный окомкователь; 7 – емкость продуктивного раствора; 8, 9 – напорные емкости выщелачивающего и продуктивного растворов; 10 – цементатор; 11 – емкость для цементной меди с переливом; 12-18 – трубопроводы рабочих растворов

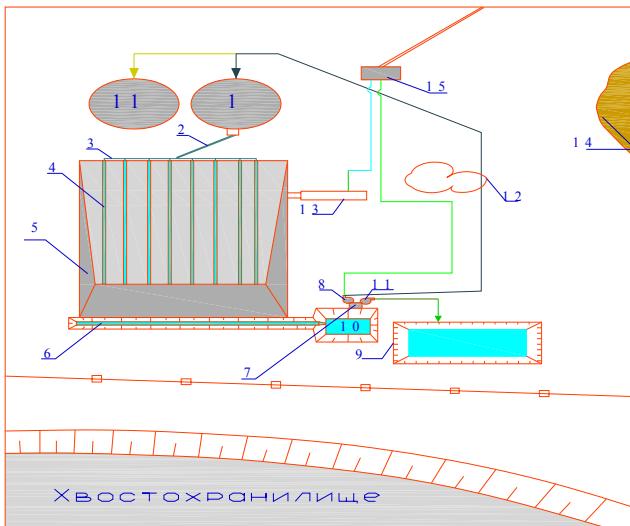


Рис. 2. План расположения основных технологических узлов:

1,11 – емкости выщелачивающего раствора; 2 – трубопровод выщелачивающего раствора; 3 – распределительный трубопровод выщелачивающего раствора; 4 – оросители, равномерно распределенные по поверхности штабеля; 5 – штабель; 6 – дренажная канава; 7, 10 – зумпф продуктивного раствора; 8,11 – насосы; 9 – прудок-накопитель; 12 – склад хвостов; 13 - окомкователь; 14 – выщелачиваемый штабель; 15 - распределительный щит склада металломолома; 16 – штабель готовой шихты

Укладка окомкованного материала в кучу производилась по мере окомкования. После формирования массива и выдержки окатышей в течение 3 суток, из различных точек штабеля были отобраны гранулы для испытаний их физико-механических и фильтрационных свойств. При определении физико-механических характеристик сухие окатыши взвешивались, производился замер их диаметра, испытание на прочность путем сжатия на гидравлическом прессе.

Прочность окатышей варьировалась в пределах 2 – 5,5 МПа, средняя составила 3,7 МПа. После хранения в течение 2 недель структурная прочность сжатия окатышей существенно увеличилась. Результаты прочностных характеристик окатышей в опытно-промышленных испытаниях оказались выше, чем получены в лабораторных исследованиях, когда окатыши имели максимальную прочность 1,25-1,3 МПа. Это позволяет в 4 раза увеличить высоту штабеля окатышей, как для кучного выщелачивания окомкованных хвостов, так и для их сухого хранения.

Площадка для проведения опытно-промышленных работ была расположена на поверхности старого хвостохранилища в непосредственной близости от места сбора минерализованных вод (рис. 2). Планировка площадки была выполнена под углом 4-6 градусов в сторону сборной траншеи, что позволило обеспечить самотечную транспортировку растворов к зумпфу. Сборная траншея, размером 6×1×1 м была пройдена перпендикулярно основанию площадки, в торце траншеи был сооружен зумпф.

С целью гидроизоляции основания штабеля использовалась полиэтиленовая пленка. На пленку былложен слой песка толщиной 0,05 м и слой щебня толщиной 0,1-0,2 м для обеспечения эффективного дренажа растворов. Поверхность щебня покрывалась тонким слоем песка для уменьшения раскола окатышей во время отсыпки и исключения закупоривания дренажных каналов в объеме крупной фракции.

На подготовленное таким образом основание штабеля были уложены окатыши. Плотность окатышей, уло-



Рис. 3. Внешний вид штабеля кучного выщелачивания

зумпфа производилась после извлечения емкости на поверхность строительным краном, соединения отводного патрубка со шлангом и перелива в напорную (при направлении растворов на циркуляцию) или в емкость для хранения продуктивного раствора.

Выщелачивание окомкованных хвостов обогащения производилось методом сернокислотного кучного выщелачивания, в качестве сернокислых растворов использовали подотвальные воды Бурибаевского карьера, модифицированные до требуемых значений рН.

Выбор в качестве активного агента подотвальных вод Бурибаевского карьера произведен на базе анализа состава кислых стоков, образующихся на предприятии – отвалы Бурибаевского, Маканского карьеров и сток хвостохранилища. Сравнительная характеристика рудничных вод приведена в табл. 3. Воды характеризуются достаточно высокой минерализацией и кислотностью.

Анализ данных таблицы 3 свидетельствует о наибольшей пригодности для выщелачивания подотвальных вод Бурибаевского карьера. Минеральный состав отвалов определяет сернокислую реакцию, рН вод в зависимости от сезонности и атмосферных осадков варьируется в пределах 2,1-3.

Предусмотренный методикой опытно-промышленных испытаний режим выщелачивания включал 3 основных технологических цикла:

1 - закисление штабеля раствором, приготовленным на основе подотвальных вод с доведением их по сво-

женных в штабель, составила $1,8 \text{ т}/\text{м}^3$. Объем исследуемого штабеля составил $6,62 \text{ т}/\text{м}^3$, масса - $11,5 \text{ т}$ (рис. 3).

Для орошения штабеля была смонтирована оросительная система, состоящая из напорной пластиковой емкости объемом 1 м^3 , установленной на верхней отметке площадки, что позволило осуществить подачу выщелачивающих растворов в безнапорном режиме в оросительную систему (рис. 4). Каждый элемент оросительной системы состоял из тонких гибких трубок, выполненных из полимерного кислотостойкого материала, по которым растворы поступали в специальные регулируемые капельные дозаторы. Расход воды зависел от регулировки капельного дозатора и составил от 0 до 2 литров в час. Опыт эксплуатации предложенной оросительной системы при выщелачивании штабеля выявил ее высокую надежность, как в части равномерности орошения поверхности и откосов штабеля, так и в части износостойкости, долговечности, отсутствия отказов.

В качестве зумпфа была использована пластиковая емкость объемом 1 м^3 (рис. 5). Перекачка растворов из



Рис. 4. Внешний вид оросительной системы, расположенной по поверхности штабеля

Для обеспечения равномерного распределения выщелачивающих растворов в первые три дня эксперимента производили насыщение штабеля подотвальнойми водами. Среднее содержание меди в подаваемой на штабель воде во время влагонасыщения составило $763,7 \text{ мг}/\text{дм}^3$, что объясняется поступлением с отвалов во время весеннего паводка

высокоминерализованных вод. Поэтому было рекомендовано производить предварительно перед подачей медьсодержащих вод на штабель цементацию с извлечением цементной меди.

Критерием насыщения штабеля водой являлось появление растворов в основании штабеля, после чего подача прекращалась на несколько часов. В это время происходила диффузия поданных растворов вглубь окатышей. Затем насыщение повторялось до тех пор, пока отобранные и расколотые окатыши из разных частей штабеля не были полностью насыщены раствором. Общий расход до полного влагонасыщения штабеля составил 1090 дм^3 . Рассчитанный из этих данных удельный объем раствора, требуемый для влагонасыщения, составил $95 \text{ дм}^3/\text{т}$.

бодной серной кислоте до 10 % - ной концентрации;

2 - промывка штабеля подотвальными водами без подкисления, обеспечивающая вымывание образовавшихся в процессе закисления сульфатов металлов;

3 - аэрация – выставивание определенное время штабеля без орошения.



Рис. 5. Зумпф для сбора продуктивного раствора

После насыщения штабеля раствором производили его закисление путем подачи подотвальных вод в инфильтрационно-капиллярном гидродинамическом режиме с доукреплением серной кислотой до 10% концентрации.

Исходные, рабочие и продуктивные растворы ежедневно 2-3 раза в течение рабочей смены анализировались на содержание меди, кислотность, производились замеры физико-химических параметров среды – pH и

Eh, плотность, замерялась температура, фиксировались объемы растворов, подаваемых в технологические циклы и их расход.

Расход раствора, подаваемого в первый цикл закисления, варьировался в достаточно широких пределах – от 11 до 97 л/сут, что зависело, в основном, от объема и продолжительности дождей. Следует отметить, что в период опытно-промышленной апробации дожди различной интенсивности шли в течение всего эксперимента, оказывая существенное влияние на его результаты. Среднесуточный объем раствора, подаваемого для закисления штабеля окомкованных хвостов, составил 44,86 литров в сутки. График подачи растворов, концентрацией 10% по свободной серной кислоте и динамика их поступления в штабель приведена на рисунке 6. Неравномерность подачи растворов связана с влагонасыщением массива дождями. Общий расход подаваемого активного раствора в период первого цикла закисления составил 673 dm^3 . Общий объем раствора, поступившего в зумпф в период дождей, составил 300 dm^3 , среднее содержание меди в нем – 403,74 мг/ dm^3 .

При проведении эксперимента ежедневно фиксировалась температура подаваемого раствора и штабеля. Для определения температуры в растворе, на поверхности и по глубине штабеля использовали термометры. Перед определением температуры штабеля по всей его длине у верхней бровки формировали лунки, глубиной, соответствовавшей высоте штабеля, в которые далее помещали термометр. Замеры температуры производили три раза в день. Средняя температура штабеля и раствора за первый цикл закисления составила 24,6 и 31,7 $^{\circ}\text{C}$ соответственно. В период проведения испытаний темпера-

Таблица 3
Характеристика промышленных вод Бурибаевского ГОКа

Ингредиенты	Ед. изм.	Подотвальные воды		Пруд на окраине старого дного хвостохранилища
		Бурибаевское м·е	Маканско е	
Объем	тыс. м ³ /год	45,0	36,5	н.д.
Дебит	м ³ /час	5,13	4,16	н.д.
pH		2,2	1,75	2,49
Сухой остаток	мг/дм ³	32250	35794	7570
Взвешенные вещества	мг/дм ³	420	360	126
Медь	мг/дм ³	750	382	49,6
Цинк	мг/дм ³	120	159,5	40,6
Железо	мг/дм ³	950	849	260
Марганец	мг/дм ³	22,5	94,8	н.о.
Селен	мг/дм ³	22,39	н.д.	1,198
Сульфаты	мг/дм ³	21020	18069	4350
Хлориды	мг/дм ³	130,2	106,4	595,5
Фосфаты	мг/дм ³	н.о.	н.о.	н.о.

тура подаваемого раствора зависела от температуры окружающей среды и объема раствора в напорной емкости, и изменялась в пределах 20 - 40⁰С.

На седьмой день закисления штабеля на его поверхности начали образовываться сульфаты различного цвета, причем после выдержки штабеля в течение нескольких часов без орошения, процесс кристаллизации интенсифицировался и количество «сульфатных цветов» по всей поверхности штабеля заметно увеличивалось (рис. 7). В дальнейшем, в течение всего срока орошения и промывки, а также под воздействием дождей, сульфаты периодически полностью растворялись, переходили в продуктивный раствор и далее после отставания штабеля образовывались вновь.

На 15 день эксперимента на отдельных участках штабеля, в основном, по поверхности и, частично, по бортам образовалась поверхностная корка толщиной 20 - 30 мм, препятствующая проникновению растворов

вглубь массива штабеля, имела место усадка штабеля и развитие трещин, толщина которых на поверхности достигала 40 мм. Коэффициент усадки после проведенных через 15 суток замеров составил 0,98. Для сохранения режима фильтрации было проведено рыхление поверхностного слоя без нарушения структуры штабеля в глубине массива. В промышленных условиях необходимо предусмотреть средства механизации приповерхностного слоя, не оказывающих давление на массив.

Исследованиями массива штабеля в срезе было установлено, что окатыши, залегающие ниже образованной корки, сохранили свою исходную форму и физико-механические характеристики (рис. 8). Об этом свидетельствовал сохраненный коэффициент фильтрации массива.

По завершении цикла закисления (24 суток) была начата первая промывка штабеля с получением продуктивных растворов. В качестве про-

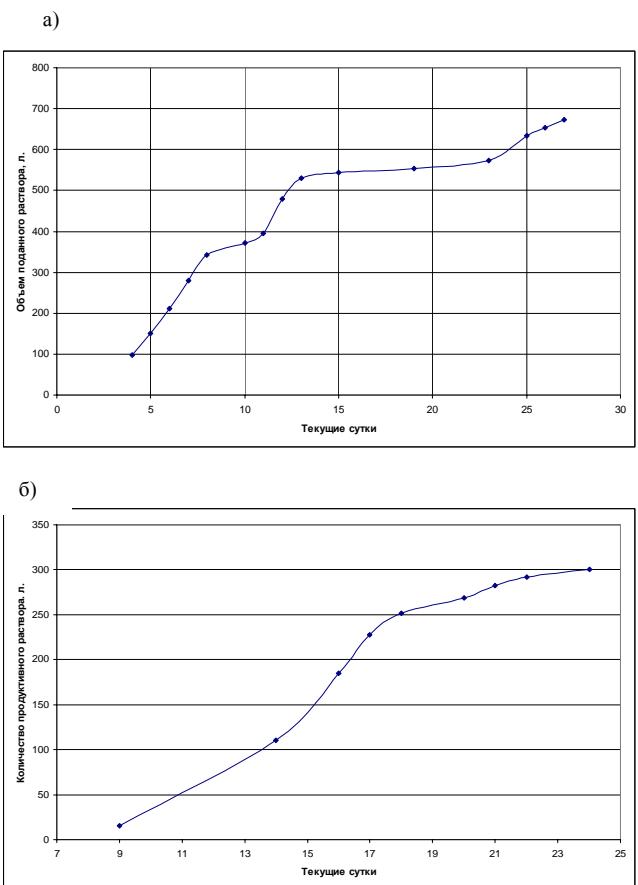


Рис. 6. График подачи раствора для закисления штабеля (а) и динамика поступления раствора в зумпф в течение первого цикла закисления (б)

сифицирующегося растворения образовавшихся в процессе закисления сульфатов, содержание повысилось и на 4-й день достигло - 1832 мг/дм³. В конце седьмого дня содержание меди в растворе снизилось и составило менее 900 мг/дм³, после чего промывку прекратили (рис. 9, а). В результате промывки было получено 705 дм³ продуктивного раствора с содержанием меди 1300 мг/дм³. Оценка содержания меди производилась методом химического анализа. Динамика содержания меди продуктивного раствора накопленного в зумпфе приведена на рис. 9, б.

Важно отметить, что при хранении продуктивного раствора со столь высокой минерализацией происходит осаждение меди и цинка в твердый осадок, при этом содержание их в растворе резко сокращается. Это указывает на необходимость постоянного мониторинга процессов массопереноса металлов для проведения своевременной переработки растворов с извлечением товарных металлов и их соединений.

На 35 сутки эксперимента был начат второй цикл закисления, который осуществлялся в течение 41 дня. Такая длительная продолжительность цикла закисления была обусловлена

мывного раствора использовались подотвальные воды с pH=2. При промывке происходил вынос из штабеля водорастворимых сульфатов металлов, образовавшихся в процессе окисления. Промывку осуществляли в течение светлого времени суток в непрерывном режиме подачи раствора. Общее время промывки составило 7 суток. Критерием прекращения работ по промывке штабеля являлось падение содержания меди в получаемом продуктивном растворе ниже установленной промышленной концентрации - 0,9-1 г/дм³.

Первые 2 дня промывки штабеля концентрация меди достигла 978 мг/дм³, в дальнейшем, ввиду интен-

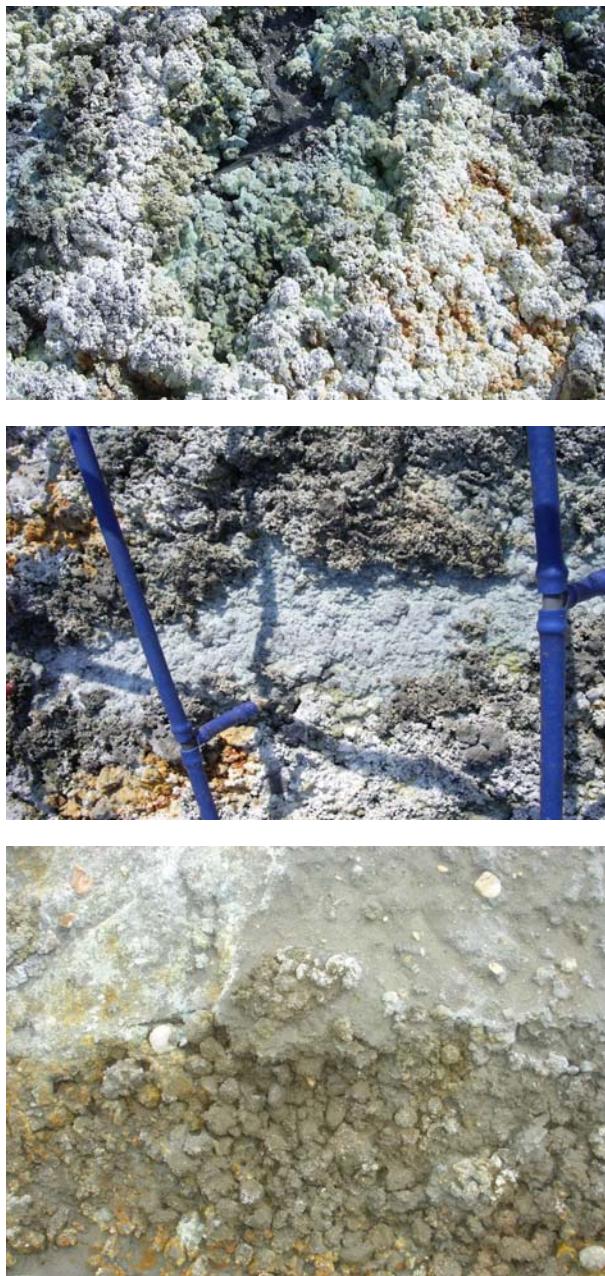


Рис. 7. Кристаллические образования в виде «сульфатных цветов» на поверхности штабеля

пившего с дождем, общая кислотность в штабеле понижалась, что обуславливало необходимость подачи свежей порции H_2SO_4 .

Вместе с тем, с дождями было дополнительно получено 634 дм^3 продуктивного раствора с высоким содержанием в нем меди, максимальная ее концентрация в зумпфе в период дождей достигала 3500 мг/дм^3 . В связи с затянувшимися продолжительными проливными дождями второй и третий циклы закисления были объединены и разделялись друг от друга лишь циклами аэрации массива.

Рис. 8. Структура массива в срезе после 15 дней закисления

Аэрация массива осуществлялась дважды: в течение 3-х суток во втором, и четырех – в третьем цикле закисления.

Промывку штабеля начали производить на 76 сутки эксперимента и осуществляли в течение 10 дней.

Общее количество полученного продуктивного раствора по окончанию промывки составило 946 л со средним содержанием меди в нем $2827,17 \text{ мг/дм}^3$. Содержание меди в продуктивном растворе в первые су-

выпадением большого количества атмосферных осадков, которые при небольшом объеме штабеля вымывали поданную в штабель для закисления серную кислоту. В результате снижения концентрации раствора, посту-

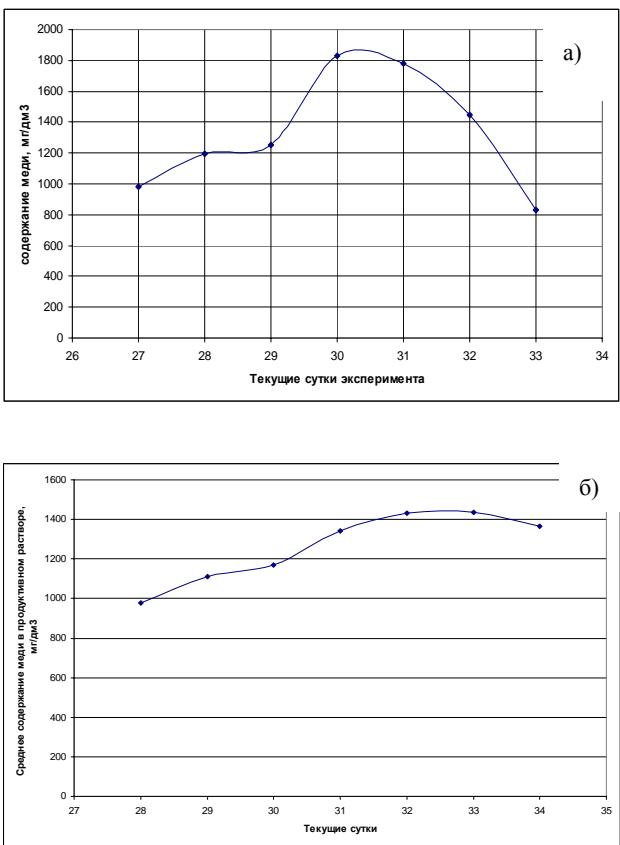


Рис. 9. Динамика изменения содержания меди в продуктивном растворе (а) и изменение его среднего содержания (б) при промывке штабеля

штабеля и той же площади водосбора будет накапливаться в объеме штабеля и способствовать выщелачиванию металлов внутри массива.

Расчетное извлечение меди из 11,5 т окомкованных хвостов за 88 дней эксперимента в условиях интенсивных ливневых дождей составило 12,43 %.

Проведенный специалистами Бурибаевского ГОКа мониторинг состояния окружающей среды в части оценки ПДК в почве и в воздухе в районе ведения работ не выявил изменений концентрации загрязняющих веществ.

Установлено, что динамика усадки штабеля характеризуется как низкая, в результате второго и третьего циклов закисления коэффициент усадки составил 0,95 от исходного. При этом структура массива, сложенного окомкованным материалом, сохранялась весь период эксперимента.

Применение выщелачивания позволяет снизить антропогенную нагрузку на окружающую среду, сократить экологические платежи горнодобывающего предприятия, затраты на строительство и эксплуатацию хвостохранилищ, уменьшить размеры отчуждаемых под горный отвод земель. Комплексное использование мине-

тки промывки составило 1500 мг/дм³, после завершения дождей наблюдалось значительное повышение меди, достигнув на 6 и 7 сутки 7159,4 мг/дм³. На 11 день промывки подача промывного раствора была прекращена виду поступления в зумпф растворов с низким содержанием меди, которое составляло менее 900 мг/дм³.

Ввиду малого объема штабеля выпадение атмосферных осадков оказывало существенное влияние на все этапы опытно-промышленного эксперимента. При реализации данной технологии в промышленных масштабах влияние данного фактора будет значительно меньше, так как дополнительно поступающая из атмосферы вода при большей высоте

рального сырья с извлечением широкого спектра цветных, редких и благородных металлов будет способствовать увеличению минерально-сырье-

вой базы комбината, дополнительному получению товарной продукции, росту реализации и рентабельности производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каплунов Д.Р., Рыльникова М.В., Илимбетов А.Ф., Абдрахманов И.А. Обоснование стратегии комплексного освоения медно-рудных месторождений Башкортостана // Горный журнал №6, 2004. – С. 12-15.
2. Состав шихты для получения окаты

шей для серно-кислотного выщелачивания текущих и лежальных хвостов обогащения медно-колчеданных руд и способ получения окатышей с его использованием: Пат. 2328536 РФ / М.В. Рыльникова, Д.Н. Радченко, А.Ф. Илимбетов, И.А. Абдрахманов. 2008. ГИАБ

Коротко об авторах –

Рыльникова М.В. – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник,
Радченко Д.Н. – кандидат технических наук, старший научный сотрудник,
Милкин Д.А. – аспирант, младший научный сотрудник,
УРАН ИПКОН РАН, info@ipkonran.ru
Зягинцев А.Г. – аспирант, ГОУ ВПО МГТУ им. Г.И. Носова, mgtu@mgtu.ru



ДИССЕРТАЦИИ

ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	Название работы	Специальность	Ученая степень
МАГНИТОГОРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. Г.И. НОСОВА			
КОЛОДЕЖНАЯ Екатерина Владимировна	Разработка технологии селективной дезинтеграции металлургических шлаков с использованием аппаратов центробежноударного дробления	25.00.13	к.т.н.
САБЛИН Алексей Валерьевич	Интенсификация флотации углей на основе применения реагентов с изостроением углеводородных радикалов и оксиэтилированными группами	25.00.13	к.т.н.