

зарегистрирован Министерством культуры и
 информации Республики Казахстан 04.04.2013 г.
 Свидетельство о постановке на учет периодического
 печатного издания 13508-ЖС.

Издается с января 2003 г.

Приказом №290 от 26.06.2022 г. Комитета по контролю
 в сфере образования и науки МОН РК внесен в перечень
 научных изданий, рекомендуемых для публикации
 основных результатов научной деятельности.

*В журнале публикуются материалы, отражающие
 состояние и перспективы развития геологии, горного дела
 и металлургии не только в нашей стране, но и за рубежом.
 Журнал освещает проблемы охраны труда и техники
 безопасности, экономики, подготовки кадров и других
 вопросов, связанных с горно-металлургическим комплексом.
 В журнале представлены статьи прикладного характера,
 результаты фундаментальных исследований, служащие
 основой для новых технических разработок.*

*При перепечатке материалов ссылка
 на Горный журнал Казахстана обязательна.
 Ответственность за достоверность сведений
 в публикуемых статьях и рекламных материалах несут
 авторы и рекламодатели. Мнение редакции не всегда
 может совпадать с мнением авторов.*

Адрес редакции:
 050026, г. Алматы, ул. Карасай батыра, 146, оф. 401,
 +7 (747) 343-15-02
mtmag.kz

Представитель журнала на специализированных
 мероприятиях – Общество с ограниченной
 ответственностью «Маркетинг от Тимченко»

Представители журнала:

Республика Узбекистан –
 ШЕРЗОД ВАФО-ОГЛЫ КАРИМОВ
karimov20-13@mail.ru

Российская Федерация, Москва –
 ИРИНА ЯРОПОЛКОВНА ШВЕЦ
shvetsirina@yandex.ru

Российская Федерация, Сибирский регион –
 ЮРИЙ НИКОЛАЕВИЧ ШАПОШНИК
shaposhnikyury@mail.ru

Периодичность 12 номеров в год

Тираж 1500 экземпляров

ISSN 2227-4766

Подписной индекс 75807 в каталогах:
 АО «Казпочта»,
 ТОО «Агентство «Евразия пресс»

Подписано в печать 30.05.2024 г.

Отпечатано:
 «Print House Gerona»
 ул. Сагпаева 30А/3, офис 124
 тел: + 7 727 250-47-40,
 + 7 727 398-94-59,
 факс: + 7 727 250-47-39

УЧРЕДИТЕЛЬ И СОБСТВЕННИК
 ТОО «Научно-производственное
 предприятие «ИНТЕРРИН»



Главный редактор
 М.Ж. БИТИМБАЕВ, mbitimbaev@mail.ru

Заместитель гл. редактора
 Л.А. КРУПНИК, leonkr38@mail.ru

Заместитель гл. редактора
 Х.А. ЮСУПОВ, yusupov_kh@mail.ru

Ответственный редактор
 Т.С. ДОЛИНА, Tatyana.Dolina@interrin.kz

Редакционная коллегия:

Fathi Nabashi (Canada), Dr. techn. [Vienna], Dr.h.c.
 [St. Petersburg], Dr.h.c. [National Tech Univ, Lima],
 Dr.h.c. [San Marcos Univ, Lima]

Fidelis Tawiah Suorineni, PhD,
 Professor of Mining Engineering

М.Б. Барменшинова, канд. техн. наук

А.Б. Бегалинов, д-р техн. наук, профессор

А.А. Бекботаева, PhD

В.А. Белли (Россия), д-р техн. наук, профессор

В.И. Бондаренко (Украина), д-р техн. наук, профессор

Н.С. Буктуков, д-р техн. наук, профессор

А.Е. Воробьев (Россия), д-р техн. наук, профессор

С.Ж. Галиев, д-р техн. наук, профессор

В.Ф. Демин, д-р техн. наук

А.И. Едильбаев, д-р техн. наук

Б.О. Жанибеков (Узбекистан), д-р философии
 геол.-мин. наук, доцент

Д.Р. Каплунов (Россия), д-р техн. наук, профессор

Ш.В. Каримов (Узбекистан), PhD

В.Л. Лось, д-р геол.-минерал. наук, профессор

С.К. Молдабаев, д-р техн. наук, профессор

У.Ф. Насиров (Узбекистан), д-р техн. наук, профессор

В.И. Нифадьев (Кыргызстан), д-р техн. наук, профессор

М.Б. Нурпеисова, д-р техн. наук, профессор

Е.Н. Ольшанский, член-корреспондент МАИН

Е.А. Петров (Россия), д-р техн. наук, профессор

Б.Т. Ратов, д-р техн. наук, профессор

К.Б. Рысбеков, канд. техн. наук, профессор

И.Н. Столновских, д-р техн. наук, профессор

П.Г. Тамбиев, канд. техн. наук

Ш.Н. Туробов (Узбекистан), PhD

О.Г. Хайитов (Узбекистан), д-р геол.-минерал. наук,
 профессор

Р.А. Хамидов (Узбекистан), PhD

А.Н. Шодиев (Узбекистан), д-р техн. наук

Т.А. Чепуштанова, PhD

Ⓜ – статья на правах рекламы

Ⓜ – информационное сообщение

✍ – статья публикуется в авторской редакции

3	Колонка главного редактора
4	Kazakhstan Machinery Fair 2024: рост, инновации и международное партнерство
	Взрывное дело
6	[✍] С.А. Саидфуллаев Выбор эффективного и безопасного способа контурного взрывания
	Разрушение горных пород
13	А.Ж. Иманов, [✍] А.М. Сумбаева, А.К. Матаев, А.А. Мусин Обоснование применения контурного взрывания для обеспечения сохранности проектных параметров выработок
	Геомеханика
20	[✍] А.Б. Кыдрашев, Н.М. Жунайтеева, М.Ж. Рысказиев, С.М. Жарылганов Тазартпа кеңістігінің маңындағы массивтің кернеулі-деформациялы күйін геомеханикалық негіздеу
	Геофизика
25	М.К. Ponomareva, [✍] Yu.V. Ponomareva, A.T. Tungushbayeva, D.A. Inkin Identifying promising areas within the Zhezkazgan depression by a complex of geological and geophysical studies
	Обогащение полезных ископаемых
30	[✍] А.К. Сейсенбек, Ш.А. Тельке, Н.Ю. Мотовилов Исследование флотационного обогащения медно-золотосодержащей руды месторождения КОКТАСЖАЛ
	Горные машины
38	Б.С. Бейсенов, К.К. Елемесов, Бортыбаев С.А., [✍] Е.Е. Сарыбаев Ауыр роторлы жабдықтың негізгі жетегінің бөлігі ретінде пневматикалық іске қосу құрылғысының энергетикалық-қуаттық параметрлерін зерттеу
	Металлургия
44	Н.К. Досмухамедов, [✍] Е.Е. Жолдасбай, Ю.Б. Ичеви Извлечение Cu, Zn, Pb из огарка от обжига тонкой конвертерной пыли медного производства выщелачиванием серной кислотой
	Охрана труда и безопасность в горной промышленности
51	[✍] B.Zk. Salkynbayev, R.S. Kazbekov, M.S. Doskenov, A.A. Myrzagaliyev Investigation of the physical properties of existing slags of high-carbon and refined ferrochrome of the Aktobe ferroalloy plant
	Өндірістік қауіпсіздік саласында мемлекеттік саясатты дамыту
59	[✍] С.А. Саидфуллаев
64	Требования к оформлению и условия предоставления статей

Код МРНТИ 52.45.19

*А.К. Сейсенбек, Ш.А. Телков, И.Ю. Мотовилов

НАО «Казакский национальный исследовательский университет имени К.И. Сатпаева»
(г. Алматы, Казахстан)

ИССЛЕДОВАНИЕ ФЛОТАЦИОННОГО ОБОГАЩЕНИЯ МЕДНО-ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩЕЙ РУДЫ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КОКТАСЖАЛ

Аннотация. Проведены исследования, направленные на повышение эффективности применения флотации для извлечения ценных компонентов из труднообогатимых медно-золотосодержащих руд. При изучении естественного и минералогического состава руды месторождения Коктасжал установлено, что основным медным минералом является халькопирит, а основным золотосодержащим – пирит. В качестве базового собирателя использован бутиловый ксантогенат натрия, а в качестве селективных собирателей – амилловый ксантогенат и реагент ТС-1000. Проведены лабораторные испытания технологии обогащения медно-золотосодержащей руды месторождения Коктасжал. Результаты исследований показали, что реагенты амилловый ксантогенат и ТС-1000 повышают эффективность флотации ценных минералов.

Ключевые слова: флотационные реагенты, минералогическое исследование, селективные собиратели, сравнительные опыты, медно-золотосодержащая руда, мономинеральная флотация.

Коктасжал мыс-алтын кен орнының флотациялық байытуын зерттеу

Аңдатпа. Құрғаныңда мыс-алтын бар кен байытасын кендерден құнды компоненттерді алу үшін флотацияны қолдану тиімділігін арттыруға бағытталған зерттеулер жүргізілді. Коктасжал кен орнының кен құрамының зиятты және минералогиялық құрамын зерделеу кезінде мыс тасымалдаушылары халькопирит минералдары, алтын және олардың пирит болып табылатыны анықталды. Мономинералды флотация арқылы әртүрлі жинақылаушылардың қатысуымен халькопирит кен пирит минералдарының флотациялануын зерттеді. Негізгі жинақылаушы ретінде натрий бутыл ксантогенаты, селективті жинақылаушы ретінде амил ксантогенаты және ТС-1000 реагенті пайдаланылды. Коктасжал кен орнының құрамында мыс-алтын бар кенді байыту технологиясына зертханалық сынақтар жүргізілді. Зерттеу нәтижелері Амилке және ТС-1000 реагенттерінің минералдардың флотациялық байытудың тиімдірек әсер ететінін көрсетті.

Түйінді сөздер: флотациялық реагенттер, минералогиялық зерттеулер, селективті жинақылаушылар, сравнительные опыты, медно-золотосодержащая руда, мономинеральная флотация.

Investigation of flotation enrichment of copper-gold ore from the Koktaszhal deposit

Abstract. Studies have been conducted aimed at improving the efficiency of flotation for the extraction of valuable components from difficult-to-enrich copper-gold ores. When studying the material and mineralogical composition of the ore of the Koktaszhal deposit, it was found that the carriers of copper are the mineral chalcopyrite, gold chalcopyrite and to a lesser extent pyrite. Monomineral flotation investigated the floatability of chalcopyrite and pyrite in the presence of different collectors. Sodium butyl xanthogenate was used as the base collector, amyl xanthogenate and TS-1000 reagent were used as selective collectors. Laboratory tests of the technology of enrichment of copper-gold ore from the Koktaszhal deposit have been carried out. The research results have shown that the reagents amyl xanthogenate and TC-1000 increase the efficiency of the floatability of valuable minerals.

Key words: flotation reagents, technological research, selective collectors, comparative experiments, copper-gold ore, mono mineral flotation.

Введение

Растущие потребности в ископаемом сырье, ухудшение качества добываемых руд, проблемы энерго- и ресурсосбережения требуют новых подходов к технологиям обогащения минерального сырья. За последние 20 лет содержание цветных металлов в рудах снизилось в 1,5 раза, а доля труднообогатимых руд выросла с 15 до 40% от общей массы сырья, поступающего на обогащение [1-3].

Содержание ценных компонентов в перерабатываемых рудах постоянно снижается. Запасы богатых руд практически исчерпаны. Так содержание меди в рудах за 100 последних лет снизилось в 10 раз, содержание железа за 30 лет в рудах снизилось в 2 раза. При переработке таких руд помимо технологических и технических аспектов приобретают значение экономические, экологические и организационные аспекты, что требует совершенствования всей горнодобывающей промышленности [4-6]. В качестве реагентов собирателей для медных и золотосодержащих руд на многих фабриках часто используют ксантогенаты калия и натрия, дитиофосфаты, реже – дитиокарбаматы, меркаптаны, соли жирных кислот и др. Однако данные собиратели не селективные по отношению к золоту и меди, т.к. активно флотируются золотосодержащие сульфиды и сульфиды, не содержащие золото. Получаемые флотационные концентраты с применением реагентных режимов, предусматривающих использование неселективных для золота и меди собирателей, характеризуются высоким выходом и низким содержанием полезного концентрата, что приводит к увеличению затрат на измельчение

и гидрометаллургические процессы, что, в свою очередь, увеличивает себестоимость товарного продукта. Поиск и разработка новых, более селективных реагентов-собирателей для совершенствования процесса флотации является одной из первоочередных задач при создании инновационных технологий флотационного разделения веществ и минералов [7].

Для большинства собирателей характерна сложная асимметричная структура молекулы, состоящая из двух частей, отличных по своим физико-химическим и химическим свойствам, – аполиарной и полиарной.

Из ряда собирателей сульфидрильного типа наиболее широкое применение нашли в промышленности ксантогенаты натрия и особенно калия.

Основным недостатком ксантогената является то, что он собиратель всех сульфидных минералов цветных металлов. При переработке полиметаллического сырья эффективно использовать селективно действующий реагент-собиратель, способствующий повышению извлечения одного из металлов [8-10].

Таким образом, в связи с тем, что в настоящее время перерабатываемое полиметаллическое сырье характеризуется сложным минералогическим составом, низким содержанием ценных компонентов, создается необходимость в поиске и производстве селективно действующих реагентов-собирателей. Использование новых реагентов даст возможность рационально и комплексно перерабатывать минеральное сырье, снизить расход реагентов и повысить экономическую эффективность производства.

Авторами статьи поставлена задача:

- изучить вещественный состав руды месторождения Коктасжал;
- исследовать флотуемость мономинералов халькопирита и пирита в присутствии бутилового ксантогената (БКс), амливого ксантогената (АмилКс) и собирателя тионоккарбамата марки ТС-1000;
- провести сравнение отработанных технологических режимов флотации руды месторождения «Коктасжал» в присутствии собирателей БКс, АмилКс, ТС-1000.

Объект и методы исследования

Объектом исследования мономинеральной флотации являлись мономинералы халькопирита и пирита.

Объектом технологических исследований являлась золото-медная руда месторождения Коктасжал.

Изучение вещественного состава выполнено с использованием химического, пробирного, фазового, минералогического, рентгенофазового анализов.

Мономинеральную флотацию проводили на сульфидных минералах халькопирита и пирита. Отобранные образцы минералов исследовали химическим методом анализа, результаты которого приведены в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав сульфидных минералов сфалерита и пирита

Кесте 1

Сфалерит пен пирит сульфидті минералдардың химиялық құрамы

Table 1

Chemical composition of sulfide minerals sphalerite and pyrite

Минерал	Содержание, % (вес.)				
	медь	свинец	цинк	железо	сера
Халькопирит	34	< 0,2	< 0,2	30	34
Пирит	< 0,3	< 0,2	< 0,2	44,6	51,5

Отобранные для флотационных опытов минералы измельчали в фарфоровой ступке до крупности $-160 + 63$ мкм, при этом навеска составляла 5 грамм. Пробы сульфидных минералов хранились в эксикаторах.

Флотацию проводили в лабораторной флотомашине типа ФЛ объемом 50 см³. Корпус машины изготовлен из оргстекла. Скорость вращения импеллера составляла 1100 об/мин.

Флотуемость мономинералов халькопирита и пирита изучалась в присутствии БКс, АмилКс, ТС-1000 при различных значениях pH и расходах вышеперечисленных реагентов.

Минералы халькопирита и пирита перемешивали с водой и вакуумировали, после чего подавали реагенты и проводили обработку в агитационном и аэрационном режимах. Схема проведения опытов представлена на рисунке 1.

При этом в процессе мономинеральной флотации халькопирита и пирита изменяли величину pH (6, 8, 10, 12) и расход испытуемых собирателей (1, 3, 5, 7 мг/дм³), расход пенообразователя был постоянным МИБК (10 мг/дм³).

Растворы БКс, АмилКс и ТС-100 готовили непосредственно перед флотационными опытами, при этом величину pH среды регулировали серной кислотой и едким натрием и контролировали pH-метром типа pH-150 М.



Рис. 1. Схема мономинеральной флотации.

Сурет 1. Мономинералды флотацияның сызбасы.

Figure 1. Scheme of monomineral flotation.

Отработку технологических режимов флотации руды проводили в механических лабораторных машинах типа ФМ с объемом флотационных камер 3, 1, 0,5 л.

Результаты и обсуждения

Изучение вещественного состава

Породы, составляющие пробу руды месторождения Коктасжал, по внешним признакам и составу можно условно разделить на 3 группы.

1. Окварцованный плагиогранитно-порфир – внешне пазнокристаллическая светлая зеленовато-серовато-белая порода, по плоскостям скалывания которой отмечаются пропластки палевого цвета с примикшейми ограничениями мощностью от 1-2 до 10 мм. Под микроскопом порода состоит из разнозернистого агрегата кварца – от мелко- до среднезернистого и плагиоклаза.

2. Монокварцевые породы, интенсивно раздробленные, состоящие из разнозернистого кварца, в многочисленных прожилках и просечках развиты тонкозернистые агрегаты кварца, гидроксиды железа, хлорит, гидростюда и медные минералы, большей частью малахит, несколько реже азурит. Малахит часто образует агрегаты зерен с лучистым, радиально-лучистым и пластинчатым строением.

3. Внешне темные слоисто-сланцеватые зеленовато-серые породы с породами светлых пазнокристаллических пород. Под микроскопом темные сланцеватые породы имеют лепидогранобластную структуру и кварц-полевошпатно-слюдисто-хлоритовый состав.

Медьсодержащие сульфидные минералы (халькопирит, борнит, ковеллин, халькозин) – основные промышленно-ценные медные минералы руды.

Золото – промышленно-ценный минерал пробы. Форма зерен золота изометричная, неправильная, имеет ярко-жел-

тую окраску, высокую отражательную способность ($R=85\%$). Состав золота, %: $Au - 94,53$, $Ag - 3,67$, $Cu - 0,82$. Отдельные частицы золота покрыты пленкой гидроокислов железа.

Содержание пирита в средней пробе составляет около 1%. Наблюдается он в виде идиоморфных зерен размером 0,005-0,01 мм и находится в сростании с борнитом или халькозинном в кремнистой массе пород.

Гематит, магнетит составляют менее 0,5%, гетит – 0,2%. Они образуют скопления зерен, выполняют трещинки, разбиваются по плоскостям скола образцов, замещают пирит и иногда ассоциируются с основными медными минералами.

В таблице 2 представлены результаты химического анализа руды.

Таблица 2
Результаты химического анализа руды

Кесте 2

Кенді химиялық талдаудың нәтижелері

Table 2

Results of chemical analysis of ore

Элементы и соединения	Сульфидная руда
Медь	0,62
Свинец	0,027
Цинк	0,0166
Железо	2,8
Сера общая	0,76
Золото, г/т	0,52
Серебро, г/т	5,16
Диоксид кремния	66,27
Оксид магния	1,35
Оксид кальция	3,08
Оксид алюминия	14,75
Оксид калия	0,42
Оксид натрия	4,07

Из таблицы 2 следует, что ценными компонентами в рудах являются медь, золото и серебро.

В таблице 3 приведены результаты фазовых анализов на медь.

Таблица 3
Результаты фазового анализа руд на медь

Кесте 3

Кендегі мыстың фазалық талдау нәтижелері

Table 3

Results of phase analysis of ores for copper

Соединения	Содержание, %	
	абс.	отн.
Первичная	0,435	70,17
Вторичная	0,174	28,07
Окисленная	0,011	1,76
Итого:	0,62	100

Из фазового анализа, представленного в таблице 3 следует, что медь на 70,17%, 28,07% представлена первичными и вторичными сульфидами меди и на 1,76% окисленными минералами меди.

В таблице 4 приведены результаты фазового анализа на золото и серебро.

Таблица 4
Рациональный анализ на золото и серебро

Кесте 4

Алтын мен күміске рационалды талдау

Table 4

Rational analysis for gold and silver

Формы ассоциации золота и серебра	Содержание, г/т		Распределение, %	
	Au	Ag	Au	Ag
Проба руды	0,52	5,16	100	100
Свободное по амальгаме	0,09	1,63	17,81	31,59
В сростках с сульфидами и породами (I цианирование)	0,07	0,5	13,7	9,7
Покрытое пленками гидроксидов железа	0,02	0,12	3,42	2,32
Ассоциированное с сульфидами (II цианирование)	0,21	0,59	40,41	11,43
В пустой породе (ассоциированные с породой не вскрытые при данной степени измельчения и недоступных растворяющему действию кислот)	0,13	2,32	24,66	44,96

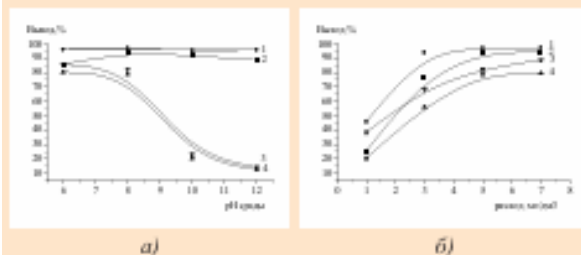
Из таблицы 4 следует, что в пробе руды присутствует золото в свободном виде и в сростках с сульфидами 31,51%. Золото, покрытое пленками гидроксидов железа, содержится незначительно. Ассоциированные с породой зерна золота, не вскрытые при данной степени измельчения и недоступные растворяющему действию кислот 24%. Большая часть золота 40,41% ассоциирована с сульфидами.

В результате изучения вещественного состава установлено, что носителями меди и золота являются минерал халькопирит, в меньшей степени пирит, по золоту ниже приводятся результаты изучения флотуемости данных минералов с использованием мономинеральной флотации.

Мономинеральная флотация

Исследования по влиянию реагента амилowego ксантогената в сравнении с БКс на флотуемость минералов халькопирита и пирита проводились в широком диапазоне pH среды (pH = 6, 8, 10, 12), при этом расход БКс и АмилКс составил по 5 мг/дм³, рисунок 2 а.

Результаты влияния расхода БКс и предлагаемого собирателя при постоянном значении pH = 8,5 на выход халькопирита и пирита в процессе мономинеральной флотации представлены на рисунке 2 б.



1, 2 – выход халькопирита в присутствии АмилКс и БКс соответственно; 3, 4 – выход пирита в присутствии АмилКс и БКс соответственно.

Рис. 2. Зависимость выхода халькопирита и пирита в процессе мономинеральной флотации:

а – при различных рН среды в присутствии собирателей АмилКс и БКс; б – при различных расходах собирателей АмилКс и БКс.

Сурет 2. Мономинералды флотация процесінде халькопирит пен пирит шығымының тәуелділігі:

а – АмилКс және БКс жинақтағыштарының қатысуымен әртүрлі рН мәндерінде; б – АмилКс және БКс жинақтағыштарының әртүрлі шығындарында.

Figure 2. Dependence of the yield of chalcopyrite and pyrite in the process of monomineral flotation:

а – at different pH values in the presence of AmilKs and BKs collectors; б – at different costs of AmilKs and BKs collectors.

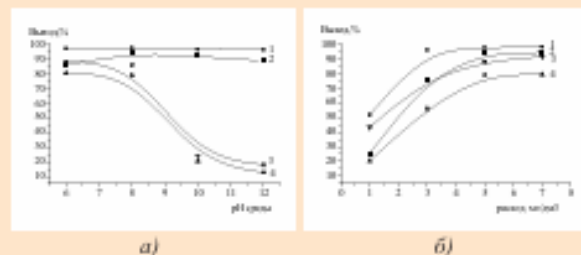
Анализ рисунка 2 а, б показывает, что в присутствии АмилКс с увеличением рН пульпы от 6 до 10 резко уменьшается выход пирита, выход же халькопирита остается практически постоянным в широком диапазоне рН от 8 до 12. Таким образом, исследования показали, что АмилКс, по сравнению с БКс, является более эффективным собирателем минерала халькопирита.

Аналогичные исследования проведены с реагентом ТС-1000. Результаты влияния БКс и предлагаемого собирателя на выход халькопирита и пирита в процессе мономинеральной флотации представлены на рисунке 3 а, б.

Анализ рисунка 3 показал, что в присутствии ТС-1000 с увеличением рН пульпы от 6 до 10 резко уменьшается выход пирита, извлечение же халькопирита остается практически постоянным в широком диапазоне рН от 8 до 12. Таким образом, исследования показали, что ТС-1000, по сравнению с БКс, является более эффективным собирателем халькопирита.

Проведены сравнительные тестовые опыты по изучению влияния расхода реагентов БКс, АмилКс и ТС-1000 на флотируемость халькопирита и пирита. Тестовые опыты проведены при постоянном значении рН среды (рН = 8-8,5), при этом расход БКс, АмилКс и ТС-1000 варьировался от 1 до 7 мг/дм³. Результаты влияния БКс и предлагаемых собирателей на выход халькопирита и пирита в процессе мономинеральной флотации представлены на рисунке 4.

Анализ рисунка 4 показывает, что в зависимости от применяемого реагента – собирателя флотируемость халькопирита снижается с следующим порядком ТС-1000 →



1,2 – выход халькопирита в присутствии ТС-1000 и БКс соответственно; 3,4 – выход пирита в присутствии ТС-1000 и БКс соответственно.

Рис. 3. Зависимость выхода халькопирита и пирита в процессе мономинеральной флотации:

а – при различных рН среды в присутствии собирателей ТС-1000 и БКс; б – при различных расходах собирателей ТС-1000 и БКс.

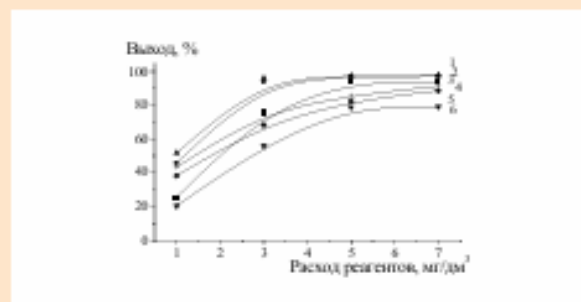
Сурет 3. Мономинералды флотация процесіндегі халькопирит пен пирит шығымының тәуелділігі:

а – ТС-1000 және БКс жинақтағыштарының қатысуымен әртүрлі рН мәндерінде; б – ТС-1000 және БКс жинақтағыштарының әртүрлі шығындарында.

Figure 3. Dependence of the yield of chalcopyrite and pyrite in the process of monomineral flotation:

а – at different pH of the environment in the presence of collectors TS-1000 and BKs; б – at different flow rates of collectors TS-1000 and BKs.

АмилКс → БКс. Таким образом, наиболее эффективным селективным собирателем минералов халькопирита является реагент ТС-1000.

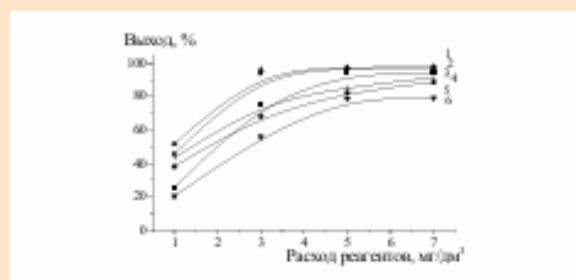


1,2,3 – выход халькопирита в присутствии ТС-1000, АмилКс и БКс соответственно; 4,5,6 – выход пирита в присутствии ТС-1000, АмилКс и БКс соответственно.

Рис. 4. Зависимость выхода халькопирита и пирита в процессе мономинеральной флотации при различных расходах собирателей ТС-1000, АмилКс и БКс.

Сурет 4. ТС-1000, АмилКс және БКс жинағыштарының әртүрлі ағынындағы мономинералды флотация процесінде халькопирит пен пирит шығымдарының тәуелділігі.

Figure 4. Dependence of the yield of chalcopyrite and pyrite in the process of monomineral flotation at different flow rates of collectors TS-1000, AmilKs and BKs.



1,2,3 – выход халькопирита в присутствии ТС-1000, АмилКс и БКс соответственно; 4,5,6 – выход пирита в присутствии ТС-1000, АмилКс и БКс соответственно.
Рис. 4. Зависимость выхода халькопирита и пирита в процессе мономинеральной флотации при различных расходах собирателей ТС-1000, АмилКс и БКс.

Сурет 4. ТС-1000, АмилКс және БКс жинағыштарының әртүрлі ағынындағы мономинералды флотация процесінде халькопирит пен пирит шығымдарының тәуелділігі.
Figure 4. Dependence of the yield of chalcopyrite and pyrite in the process of monomineral flotation at different flow rates of collectors TS-1000, AmilKs and BKs.

Сравнение технологических показателей отработанных технологических режимов флотации руды месторождения Коктасжал

Проведены исследования по отработке технологических режимов флотации обогащения руды Коктасжал-

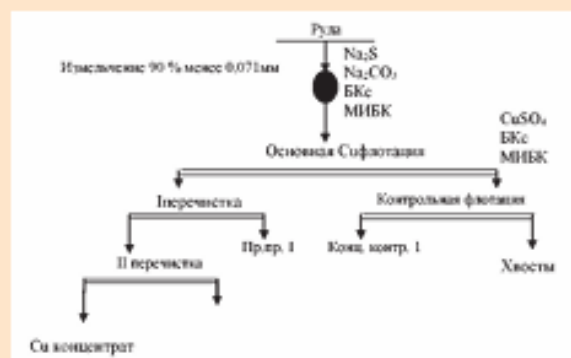


Рис. 5. Схема флотации медно-золотосодержащей руды месторождения Коктасжал.

Сурет 5. Коктасжал кен орнындағы мыс-алтын кенінің флотациялық сызбасы.

Figure 5. Flotation scheme for copper-gold ore at the Koktaszhal deposit.

ской обогатительной фабрики с применением базовых флотореагентов. Проведены исследования по определению оптимальных расходов базовых реагентов. В качестве базовых реагентов использованы сернистый натрий, бутиловый ксантогенат и МИБК. В сравнении с базовым собирателем использовались селективные собиратели амилловый ксантогенат и ТС-1000. Флотационные тесты проведены по схеме, приведенной на рисунке 5.

Таблица 5

Результаты флотации медно-золотосодержащей руды месторождения Коктасжал с применением разных собирателей

Кесте 5

Коктасжал кен орнындағы мыс-алтын кенін әртүрлі жинақтағыштар арқылы флотациялау нәтижелері

Table 5

Results of flotation of copper-gold ore from the Koktaszhal deposit using different collectors

Наименование продукта	Выход, %	Содержание, %		Извлечение, %		Примечание
		Си	Аи	Си	Аи	
Си концентрат	3,3	14,8	10,2	76,79	66,64	Na ₂ S – 50 г/т Na ₂ CO ₃ pH = 8-8,5 БутКсан-100 г/т МИБК-30 г/т
Пр. пр 1	1,1	1,6	2,6	2,77	5,66	
Пр. пр 2	0,4	3,2	5,3	2,01	4,20	
Пен. контр. флотации	0,3	1,1	1,6	0,52	0,95	
Отв. хвосты	94,9	0,12	0,12	17,91	22,55	
Руда	100	0,64	0,51	100,00	100,00	Na ₂ S – 50 г/т Na ₂ CO ₃ – pH = 8-8,5 АмилКсан-60 г/т МИБК-30 г/т
Си концентрат	3	15,9	12	79,89	71,70	
Пр. пр 1	0,9	1,2	2,3	1,81	4,12	
Пр. пр 2	0,3	2,9	4,8	1,46	2,87	
Пен. контр. флотации	0,4	1,3	2,9	0,87	2,31	
Отв. хвосты	95,4	0,1	0,1	15,98	19,00	
Руда	100	0,60	0,50	100,00	100,00	Na ₂ S – 50 г/т Na ₂ CO ₃ – pH = 8-8,5 ТС-1000-30 г/т МИБК-30 г/т
Си концентрат	2,5	19,4	15,2	79,34	72,24	
Пр. пр 1	0,9	1,4	2	2,06	3,42	
Пр. пр 2	0,5	2,8	5,5	2,29	5,23	
Пен. контр. флотации	0,4	1	1,2	0,65	0,91	
Отв. хвосты	95,7	0,1	0,1	15,66	18,19	
Руда	100	0,61	0,53	100,00	100,00	

Результаты опытов с описанием реагентного режима представлены в таблице 5.

Результаты опытов показывают, что с применением амиллового ксантогената натрия содержание меди увеличивается на 0,9%, а извлечение меди – на 3,1% в сравнении с базовым собирателем. Содержание золота в медном концентрате увеличивается на 1,8 г/т, извлечение золота в медный концентрат увеличивается на 5,06%. Аналогичные результаты получены с собирателем ТС-1000: содержание меди увеличивается на 4,6%, а извлечение меди – на 2,55%. Содержание золота в медном концентрате увеличивается на 5 г/т, извлечение золота в медный концентрат увеличивается на 5,6%. При этом, в сравнении с оптимальным расходом базового собирателя бутилового ксантогената натрия расход амиллового ксантогената уменьшается со 100 до 60 г/т, ТС-1000 со 100 до 30 г/т.

Выводы

Проведен анализ современного состояния и пути совершенствования переработки труднообогатимых медных руд. Одним из способов интенсификации флотационной переработки медных руд является усовершенствование реагентных режимов с использованием более эффективных, селективно действующих флотационных реагентов.

Изучен вещественный состав руды месторождения Кокташжал. Основными полезными компонентами, извлекаемыми из руды, являются медь и золото. Медьсодержащие сульфидные минералы представлены халькопиритом, борнитом, ковеллином, халькозинном.

Фазовым анализом на золото установлено, что в пробе руды присутствует золото в свободном виде и в сростках с сульфидами 31,51%. Золото, покрытое пленками гидроксидов железа, содержится незначительно. Ассоциированные с породой зерна золота, не вскрытые при данной степени измельчения и недоступные растворяющему действию кислот 24%. Большая часть золота 40,41% ассоциирована с сульфидами.

Исследованиями по мономинеральной флотации минералов халькопирита и пирита установлено, что в зависимости от применяемого реагента собирателя флотиремость халькопирита снижается в следующем порядке ТС-1000 → АмилКс → БКс. Таким образом, наиболее эффективным селективным собирателем минерала халькопирита является реагент ТС-1000.

Проведены исследования по отработке технологических режимов флотационного обогащения руды с применением базовых флотореагентов сернистый натрий, бутиловый ксантогенат натрия, МИБК и с собирателями АмилКс и ТС-1000.

При сравнении получаемых технологических показателей флотации золото-медной руды месторождения Кокташжал установлено, что при использовании собирателей АмилКс и ТС-1000 извлечение и качество золото-медного концентрата выше, чем при использовании БКс, при этом, в сравнении с оптимальным расходом базового собирателя бутилового ксантогената натрия, расход амиллового ксантогената уменьшается со 100 до 60 г/т, ТС-1000 со 100 до 30 г/т.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Абрамов А.А. Флотационные методы обогащения: Учебник. – 4-е изд., переработ. и доп. М.: Издательство «Горная книга», 2016, С. 595 (на русском языке)
2. Hosseini S.H. Физико-химические исследования флотации медных минералов, 2018, С. 228 (на английском языке)
3. Vukotić M.S. Справочник по флотационным реагентам: Elsevier, 2017, Т. 1, №2, С. 32-33 (на английском языке)
4. Lui G. Исследование селективности собирателей при флотации сульфидов меди. / Lui G., Zhong H., Dai T. // Минеральные и металлургические труды. 2018. Т. 25. №1. С. 19-24 (на английском языке)
5. Мелик-Гайказян В.И. Основная характеристика флотационной активности анионных реагентов. / В.И. Мелик-Гайказян, В.В. Ворончихина, Н.П. Емельянова, А.В. Драганов, К.Г. Ермаков. // Цветная металлургия. 2016. №4. С. 68-71 (на русском языке)
6. Бектурганов Н.С. Флотационные реагенты в процессах обогащения минерального сырья. / Н.С. Бектурганов, Н.К. Тусупбаев, Л.В. Семушкина, Р.С. Калиева. // Цветные металлы. 2019. №4. С. 48-51 (на казахском языке)
7. Girdi A., Yap D. Проектирование и производство по переработке полезных ископаемых. Амстердам: Elsevier, 2016, 2-е издание, введение (на английском языке)
8. Голиков В.В. Испытание и применение эффективных собирателей при флотации руд, содержащих золото и серебро. / В.В. Голиков и др. // Обогащение руд. 2018. №3. С. 15-18 (на русском языке)
9. Кондратьев С.А. Оценка флотационной активности реагентов-собирателей. // Обогащение руд. 2020. №4. С. 24-30 (на русском языке)
10. Игнаткина В.А. Селективное повышение флотоактивности сульфидов цветных металлов с использованием сочетаний сульфидрильных собирателей. / В.А. Игнаткина, В.А. Бочаров, Ф.О. Милович, П.Г. Иванова, Л.С. Хачатрян. // Обогащение руд. 2016. №3. С. 18-24 (на русском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Абрамов А.А. Флотациялық байыту әдістері: Оқулық. – 4-ші басылм, қайта қаралғ. және оңд. М.: Баспа «Тау кітабы», 2016, Б. 595 (орыс тілінде)

2. Hosseini S.H. Мыстың минералды флотациясының физика-химиялық зерттеулері, 2018, Б. 228 (ағылшын тілінде)
3. Bulatovic M.S. Флотациялық реагенттер туралы анықтама: Elsevier, 2017, Т.1, №2, Б. 32-33 (ағылшын тілінде)
4. Lui G., Zhong H., Dai T. Мыс сульфидтерін флотациялау кезінде коллектордың селективтілігін зерттеу. / Lui G., Zhong H., Dai T. // Минералды және металлургиялық еңбектер. 2018. Т. 25. №1. Б. 19-24 (ағылшын тілінде)
5. Мелик-Гайказян В.И. Аполярлы реагенттердің флотациялық белсенділігінің негізгі сипаттамалары. / В.И. Мелик-Гайказян, В.В. Ворончихина, Н.П. Емельянова, А.В. Драганов, К.Г. Ермаков. // Түсті металлургия. 2016. №4. Б. 68-71 (орыс тілінде)
6. Бектурганов Н.С. Минералды өңдеу процестеріндегі флотациялық реагенттер. / Н.С. Бектурганов, Н.К. Тусупбаев, Л.В. Семушкина, Р.С. Калиева. // Түсті металдар. 2019. №4. Б. 48-51 (қазақ тілінде)
7. Gupta A., Yan D., Пайдалы қазбаларды өңдеуді жобалау және операциялар. Амстердам: Elsevier, 2016, 2-ші басылым, кіріспе (ағылшын тілінде)
8. Голиков В.В. Құрамында алтын және күміс бар кендерді флотациялау кезінде тиімді жинақтағыштарды сынау және қолдану. / В.В. Голиков және т.б. // Кендерді байыту. 2018. №3. Б. 15-18 (орыс тілінде)
9. Кондратьев С.А. Жинақтаушы реагенттердің флотациялық белсенділігін бағалау. // Кендерді байыту. 2020. №4. Б. 24-30 (орыс тілінде)
10. Игнаткина В.А. Түсті металдардың сульфидтерінің флотациялық белсенділігін сульфидрильді коллекторлардың комбинацияларын қолдану арқылы селективті арттыру. / В.А. Игнаткина, В.А. Боcharov, Ф.О. Милович, П.Г. Иванова, Л.С. Хачатрян. // Кендерді байыту. 2016. №3. Б. 18-24 (орыс тілінде)

REFERENCES

1. Abramov A.A. Flotatsionnye metody obogashcheniya: Uchebnik. – 4-e izd., pererabot. i dop. M.: Izdatel'stvo «Gornaya kniga», 2016, S. 595 [Abramov A.A. Flotation methods of enrichment: Textbook. – 4th ed., revised. and additional. M.: Publishing House «Mountain books», 2016, P. 595] (in Russian)
2. Hosseini S.H. Physicochemical studies of copper mineral flotation, 2018, P. 228 (in English)
3. Bulatovic M.S. Handbook of flotation reagents: Elsevier, 2007, Vol. 1, №2, P. 32-33 (in English)
4. Lui G. Investigation of the selectivity of collectors during the flotation of copper sulfides. / Lui G., Zhong H., Dai T. // Mineral and Metallurgical Proc. 2008. Vol. 25. №1. P. 19-24 (in English)
5. Melik-Gaikazyan V.I. Osnovnaya kharakteristika flotatsionnoi aktivnosti apolyarnykh reagentov. / V.I. Melik-Gaikazyan, V.V. Voronchikhina, N.P. Emel'yanova, A.V. Draganov, K.G. Ermakov. // Tsvetnaya metallurgiya. 2016. №4. S. 68-71 [Melik-Gaykazyan V.I. The main characteristic of the flotation activity of apolar reagents. / V.I. Melik-Gaykazyan, V.V. Voronchikhina, N.P. Emelyanova, A.V. Draganov, K.G. Ermakov. // Non-ferrous metallurgy. 2016. №4. P. 68-71] (in Russian)
6. Bekturganov N.S. Flotation reagents in mineral processing processes. / N.S. Bekturganov, N.K. Tusupbaev, L.V. Semushkina, R.S. Kalieva. // Non-ferrous metals. 2019. №4. P. 48-51 (in Kazakh)
7. Gupta A., Yan D. Mineral Processing Design and Operations. Amsterdam: Elsevier, 2016, 2nd Edition, An Introduction (in English)
8. Golikov V.V. Ispytanie i primeneniye effektivnykh sobiratelei pri flotatsii rud, sodержashchikh zoloto i serebro. / V.V. Golikov i dr. // Obogashchenie rud. 2018. №3. S. 15-18 [Golikov V.V. Testing and application of effective collectors in the flotation of ores containing gold and silver. / V.V. Golikov et al. // Ore enrichment. 2018. №3. P. 15-18] (in Russian)
9. Kondrat'ev C.A. Otsenka flotatsionnoi aktivnosti reagentov-sobiratelei. // Obogashchenie rud. 2020. №4. S. 24-30 [Kondratyev S.A. Assessment of flotation activity of collecting reagents. // Ore enrichment. 2020. №4. P. 24-30] (in Russian)
10. Ignatkina V.A. Selektivnoye povysheenie flotoaktivnosti sul'fidov tsvetnykh metallov s ispol'zovaniem sochetanii sul'fidril'nykh sobiratelei. / V.A. Ignatkina, V.A. Bocharov, F.O. Milovich, P.G. Ivanova, L.S. Khachatryan. // Obogashchenie rud. 2016. №3. S. 18-24 [Ignatkina V.A. Selective increase in flotation activity of non-ferrous metal sulfides using combinations of sulphydryl collectors. / V.A. Ignatkina, V.A. Bocharov, F.O. Milovich, P.G. Ivanova, L.S. Khachatryan. // Ore enrichment. 2016. №3. P. 18-24] (in Russian)

Сведения об авторах:

Сейсенбек А.К., магистрант кафедры «Металлургия и обогащение полезных ископаемых», НАО «Казахский национальный исследовательский университет имени К.И. Сатпаева» (г. Алматы, Казахстан), seyzenbekova@inbox.ru; <https://orcid.org/0009-0001-7555-9533>

Телков Ш.А., кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры «Металлургия и обогащение полезных ископаемых», НАО «Казакский национальный исследовательский университет имени К.И. Сатпаева» (г. Алматы, Казахстан), s.telkov@sathayev.university; <https://orcid.org/0000-0001-6641-4802>

Мотовилов И.Ю., доктор PhD, ассоциированный профессор кафедры «Металлургия и обогащение полезных ископаемых», НАО «Казакский национальный исследовательский университет имени К.И. Сатпаева» (г. Алматы, Казахстан), i.motovilov@sathayev.university; <https://orcid.org/0000-0002-0716-402X>

Авторлар туралы мәліметтер:

Сейсенбек А.Қ., «Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық зерттеу университеті» КЕАҚ «Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту» кафедрасының магистранты (Алматы қ., Қазақстан)

Телков Ш.А., «Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық зерттеу университеті» КЕАҚ «Металлургия және пайдалы қазбаларды өңдеу» кафедрасының т.ғ.к., доцент, профессоры (Алматы қ., Қазақстан)

Мотовилов И.Ю., PhD, Қ.И. Сәтбаев атындағы «Қазақ ұлттық зерттеу университеті» КЕАҚ «Металлургия және пайдалы қазбаларды өңдеу» кафедрасының доценті (Алматы қ., Қазақстан)

Information about the authors:

Seisenbek A.K., Master's student of the Department of «Metallurgy and Mineral Processing», NJSC «Kazakh National Research University named after K.I. Satpayev» (Almaty, Kazakhstan)

Telkov Sh.A., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of «Metallurgy and Mineral Processing», NJSC «Kazakh National Research University named after K.I. Satpayev» (Almaty, Kazakhstan)

Motovilov I.Yu., PhD, Associate Professor of the Department of «Metallurgy and Mineral Processing», NJSC «Kazakh National Research University named after K.I. Satpayev» (Almaty, Kazakhstan)



TECH MINING RUSSIA

www.techmining.ru

6-Я СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ И ВЫСТАВКА

СТРОИТЕЛЬСТВО, МОДЕРНИЗАЦИЯ И ЦИФРОВИЗАЦИЯ ГОРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

12

сентября
2024

Москва
Novotel Moscow City



16+