

ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТА

ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМЫ МЕН ТЕХНИКАСЫ

2001 ЖЫЛДАН БАСТАП ШЫҒАДЫ



НАУКА И ТЕХНИКА КАЗАХСТАНА

ИЗДАЕТСЯ С 2001 ГОДА

ISSN 2788-8770

№ 3 (2024)

ПАВЛОДАР

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ТОРАЙГЫРОВ УНИВЕРСИТЕТ**
выходит 1 раз в квартал

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания
№ KZ51VPY00036165

выдано

Министерством информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

Публикация научных исследований по широкому спектру проблем
в области металлургии, машиностроения, транспорта, строительства,
химической и нефтегазовой инженерии, производства продуктов питания

Подписной индекс – 76129

<https://doi.org/10.48081/TYNS2338>

Импакт-фактор РИНЦ – 0,342

Абишев Кайратолла Кайроллинович – к.т.н., профессор (главный редактор);
Касенов Асылбек Жумабекович – к.т.н., профессор (заместитель главного редактора);
Мусина Жанара Керейовна – к.т.н., профессор (ответственный секретарь);
Шокубаева Зауреш Жанатовна – технический редактор.

Члены редакционной коллегии:

Калиакпаров Алтай Гиндуллинович – д.т.н., профессор (Нур-Султан, Казахстан);
Клецель Марк Яковлевич – д.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);
Шеров Карибек Тагаевич – д.т.н., профессор (Караганда, Казахстан);
Богомоллов Алексей Витальевич – к.т.н., ассоц. профессор (Павлодар, Казахстан);
Кажибаева Галия Тулеуевна – к.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);
Зарубежные члены редакционной коллегии:
Baigang Sun – профессор (Пекин, Китай);
Gabriele Comodi – PhD, профессор (Анкона, Италия);
Jianhui Zhao – профессор (Харбин, Китай);
Khamid Mahkamov – д.т.н., профессор (Ньюкасл, Великобритания);
Magin Lapuerta – д.т.н., профессор (СьюДад Реал, Испания);
Mareks Mezitis – д.т.н., профессор (Рига, Латвия);
Petr Bouchner – PhD, профессор (Прага, Чехия);
Ronny Berndtsson – профессор (Лунд, Швеция);
Барзов Александр Александрович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);
Витвицкий Евгений Евгеньевич – д.т.н., профессор (Омск, Россия);
Иванчина Эмилия Дмитриевна – д.т.н., профессор (Томск, Россия);
Лазарев Владислав Евгеньевич – д.т.н., профессор (Челябинск, Россия);
Мягков, Леонид Львович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);
Янюшкин Александр Сергеевич – д.т.н., профессор (Чебоксары, Россия);
Ребезов Максим Борисович – д.с/х.н., профессор (Москва, Россия).

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов
При использовании материалов журнала ссылка на журнал «Наука и техника Казахстана» обязательна

© Торайгыров университет

**А. Р. Мамбеталиева¹, *С. Сагатбек²,
Т. Ш. Тусупбекова³, Г. К. Макашева⁴**

^{1,3,4}Satbayev University, Республика Казахстан, г. Алматы

²ТОО «КазГидроМедь», Республика Казахстан, г. Караганда

*e-mail: sunkarsagatbek@mail.ru

¹ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1536-5259>

²ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-1931-1716>

³ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2940-8715>

⁴ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2875-9433>

ИЗВЛЕЧЕНИЕ МЕДИ ИЗ ЛЕЖАЛЫХ ХВОСТОВ ОБОГАЩЕНИЯ

В связи с истощением природных ресурсов, загрязнением окружающей среды отходами и площадью складирования хвостов в отвалы актуальной задачей на сегодняшний день является переработка техногенного минерального сырья. Техногенное минеральное сырьё обладает высокой экономической ценностью и является одним из важнейших резервов увеличения ресурсов без значительных капиталовложений на разработку месторождений. Исходная проба лежалых хвостов предоставлена первичными рудными минералами и продуктами металлургического передела. Изучение вещественного состава пробы определялся масс-спектральным анализом с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS), фазовый анализ меди определялся согласно ГОСТ 33207-2014. Изучение минерального состава проводилось в отраженном свете в полированных анилифах с применением микроскопа OLYMPUS BX 53, видеокамеры SIMAGIS XS-3CU и программного обеспечения для анализа изображений Минерал C7 компании SIAMS. В статье предоставлены результаты исследования по разработке селективных режимов обогащения лежалых хвостов с применением комбинации бутилового ксантогената калия и дополнительного собирателя. Лабораторные исследования показали, что при использовании комбинации бутилового ксантогената калия и реагента на основе моноиофосфата достигается наибольшая эффективность обогащения меди и серебра в суммарный концентрат флотации.

Ключевые слова: металлургия, лежалые хвосты обогащения, вещественный состав, химический состав, фазовый анализ, обогащение, реагенты, флотация, концентрат.

Введение

Перспективным сырьем для развития металлургии могут служить такие техногенные отходы горнорудной промышленности, как:

– заскладрованные забалансовые руды; вскрышные породы; минерализованные массы;

– промежуточные отходы процесса рудоподготовки и гидрометаллургии;

– отвальные хвосты процесса флотации и сорбции;

шлаки процесса пирометаллургии и жидкие цианидсодержащие отходы [1].

В настоящее время общее количество лежалых хвостов обогащения в Казахстане составляет более 10 млрд тонн. Содержание цветных и благородных металлов в них различно и в ряде случаев достигает весьма значительных величин [2].

Техногенное минеральное сырье не может эффективно перерабатываться с помощью традиционных технологий из-за существенного изменения физических и физико-химических свойств составляющих компонентов вследствие окисления, выщелачивания и вторичного осаждения при хранении [3]. Особенности вещественного состава лежалых хвостов требуют применения значительно сложных схем переработки по сравнению с первичным рудным сырьем [2].

Проведены исследования по гидрометаллургической переработке хвостов:

Определены оптимальные параметры по агитационному выщелачиванию меди из исходных хвостов:

✓	концентрация серной кислоты	– 20,0 г/л;
✓	удельный расход кислоты	– 47,834 кг/т хвостов;
✓	продолжительность выщелачивания	– 4 часа;
✓	отношение Ж:Т	– 3:1

При этом достигаются следующие показатели извлечения в раствор:

• меди	– 40,41 %;
• железа	– 10,84 %;
• цинка	– 22,24 %.

В результате проведенных исследований установлена низкая эффективность гидрометаллургических методов.

Вышеперечисленные технологии не отвечают современным экологическим требованиям и не обладают достаточной экономической эффективностью переработки отвальных хвостов.

Наибольшая эффективность обогащения достигнута при переработке хвостов методом флотации с применением комбинации реагентов.

На большинстве обогатительных фабриках применяется бутиловый ксантогенат калия (БКК), который не во всех случаях обеспечивает максимальную эффективность при флотации. Недостатком ксантогенатов является то, что они проявляют высокие собирательные свойства практически ко всем сульфидным минералам, что естественно создает значительные трудности при селективном разделении сульфидов меди, свинца, цинка и особенно пирита [4]. Учитывая

вышеизложенное, современные технологии требует применения селективных реагентных режимов, в особенности изучении взаимодействия комбинации собирателей: бутилового ксантогената калия (как основного реагента-собирателя) и селективных собирателей в процессе флотации лежалых хвостов [5].

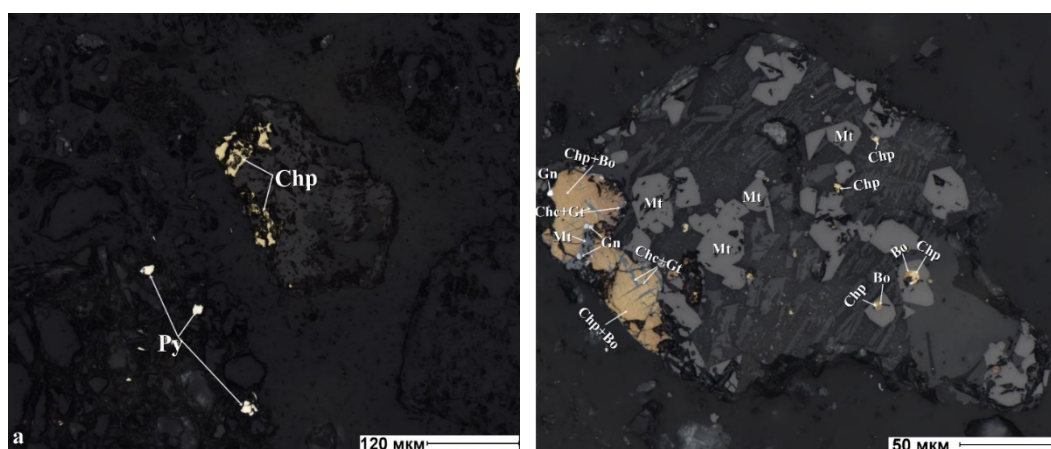
Целью проведения исследований является изучение закономерностей флотационного разделения минеральных фаз лежалых хвостов в зависимости от вида дополнительного собирателя и его соотношения с основным собирателем.

Материалы и методы

Исследования проведены на технологической пробе лежалых хвостов Балхашской обогатительной фабрики с содержанием основных компонентов: меди – 0,18 %, серебра - 1,38 г/т, серы 0,98 %, железа общего 6,69 %. Содержание породных компонентов составило: кварца 57,54 %, оксидов алюминия 18,21 %, оксидов кальция 5,36 %.

Из результатов фазового анализа следует, что проба на 60,00 % (14,21 % с первичными и 45,79 % с вторичными сульфидами) представлена сульфидными минералами. Окисленные минералы меди составляют 40,00 % от общего содержания меди в руде и на 24,96 % представлены хризokolлой. Исследуемая проба хвостов относится к смешанному типу.

По данным минералогического анализа установлено, что главным рудообразующим минералом является магнетит; второстепенные – пирит, халькопирит; присутствующие в количестве редких или единичных знаков – сфалерит, гидроксиды железа и гематит, борнит, халькозин, ковеллин, пирротин, малахит, металлическая медь, галенит.



Chp-халькопирит, Py-пирит, Mt-магнетит, Bo-борнит, Chc-халькозин, Gt-гетит, Gn-галенит

а) халькопирит I генерации, б) халькопирит II генерации

Рисунок 1 – Характеристика выделений халькопирита

Рудные минералы в пробе представлены двумя генерациями:

I генерация - первичные рудные минералы (не подверженные металлургическому переделу);

II генерация – продукты металлургического передела (шлаки) - основная часть полезных рудных практически неотделима от силикатной части шлака из-за ультратонких и тонких размеров рудных зерен (<1-10–30 мкм).

Измельчение проб проводили мокрым способом в лабораторной шаровой мельнице 40МЛ-Г с объемом барабана 7 л, предназначенной для тонкого измельчения проб.

Во флотационных опытах использовали пневмомеханические лабораторные флотационные машины типа Вэктис. В таблице 1 приведены условия проведения опытов, схема проведения опыта предоставлена на рисунке 1.

Таблица 1 – Условия проведения опытов

Операция, продукт	Сод-ние кл. -0,071 мм, %	Время флот. (t), мин	Расход реагентов, г/т			
			Na ₂ S	Сел. реагент	Кх	МИБК
Измельчение	80	-	-	-	-	-
Основная флотация-1	-	10	150	20	50	20
Основная флотация-2	-	10	100	-	50	10

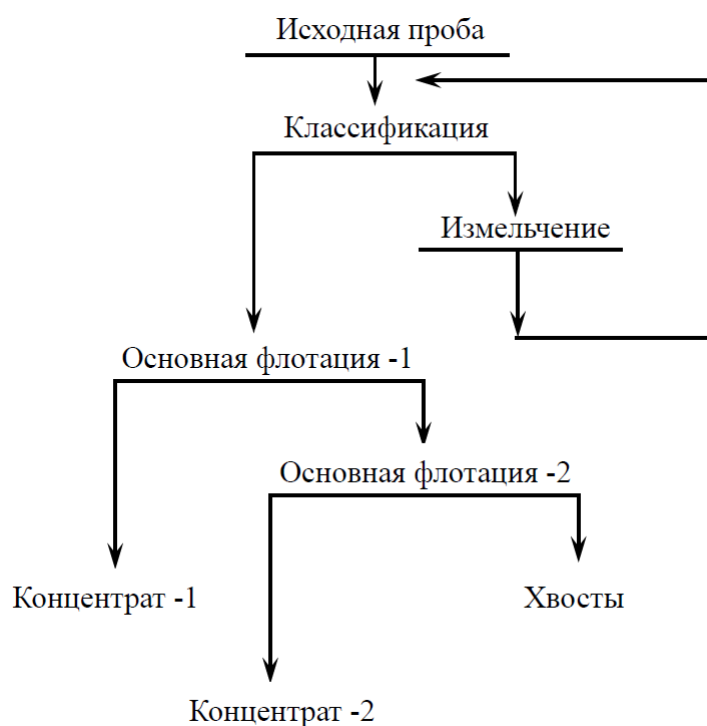


Рисунок 1 – Схема проведения опыта

Для исследований выбраны собиратели, содержащие вещества диизобутилдитиофосфинат (ДИФ), монотиофосфат (МТФ), тиокарбамат (ТК) и диалкилдитиофосфат (ДАДТФ) ввиду их доступности и ряда специфических

особенностей флотационного действия, зарекомендовавшие себя как эффективные дополнительные собиратели при флотации совместно с ксантогенатом и одновременно повышающие извлечение драгоценных металлов [6].

Дополнительные собиратели подавались в процесс после основного - бутилового ксантогената калия (БКК). В каждую операцию флотации производилась дробная подача. Расход БКК составил 100 г/т.

Результаты и обсуждение

Флотационные исследования селективных собирателей в качестве дополнительного реагента собирателя к БКК на лежалых хвостах проводили при естественной щелочности пульпы (рН=8,0 ед.), полученные результаты флотации сравнивали с базовым опытом, в котором применяли стандартный реагент собиратель – БКК. Полученные значения технологических показателей флотации лежалых хвостов приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты опытов

Продукт	Выход, %	Содержание, %		Извлечение, %	
		Cu	Ag, г/т	Cu	Ag
Базовый опыт с БКК					
Концентрат-1	7,36	1,07	8,99	43,19	47,93
Концентрат-2	5,58	0,46	3,49	13,92	14,09
ΣКонцентрат	12,93	0,81	6,62	57,11	62,02
Хвосты	87,07	0,09	0,60	42,89	37,98
Исходная проба	100,0	0,18	1,38	100,0	100,0
С применением комбинации БКК + ДИФ					
Концентрат-1	7,65	0,89	7,95	37,18	44,07
Концентрат-2	4,87	0,56	5,11	14,95	18,03
ΣКонцентрат	12,52	0,76	6,85	52,12	62,10
Хвосты	87,48	0,10	0,60	47,88	37,90
Исходная проба	100,0	0,18	1,38	100,0	100,0
С применением комбинации БКК + МТФ					
Концентрат-1	7,74	1,01	8,90	42,38	49,89
Концентрат-2	4,06	0,60	5,00	13,37	14,71
ΣКонцентрат	11,80	0,87	7,56	55,76	64,60
Хвосты	88,20	0,09	0,55	44,24	35,40
Исходная проба	100,0	0,18	1,38	100,0	100,0
С применением комбинации БКК + ТК					
Концентрат-1	8,04	0,94	8,29	41,29	48,28
Концентрат-2	4,76	0,55	4,37	14,28	15,07
ΣКонцентрат	12,79	0,79	6,84	55,57	63,36
Хвосты	87,21	0,09	0,58	44,43	36,64
Исходная проба	100,0	0,18	1,38	100,0	100,0
С применением комбинации БКК + ДАДТФ					
Концентрат-1	10,05	0,79	6,57	43,45	47,82

Продукт	Выход, %	Содержание, %		Извлечение, %	
		Cu	Ag, г/т	Cu	Ag
Концентрат-2	5,51	0,47	4,06	14,07	16,20
ΣКонцентрат	15,55	0,68	5,68	57,52	64,02
Хвосты	84,45	0,09	0,59	42,48	35,98
Исходная проба	100,0	0,18	1,38	100,0	100,0

На основании проведенных исследований установлено, что применение комбинации БКК (как основного реагента-собираателя) и селективных собирателей в процессе флотации лежалых хвостов позволяет повысить извлечение серебра в концентрат.

Для выбора наиболее эффективного реагента для извлечения полезных компонентов, выполнен расчет эффективности обогащения по методике Ханкок-Луйкена [7]. Результаты приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты расчетов тестов по эффективности обогащения

№ п/п	Марка реагента	Эффективность обогащения, %	
		Cu	Ag
1	Базовый опыт с БКК	44,26	49,78
2	БКК + ДИФ	39,67	50,27
3	БКК + МТФ	44,04	53,54
4	БКК + ТК	42,86	51,28
5	БКК + ДАДТФ	42,05	49,15

На основании таблиц 2 и 3 построены графики зависимости результатов флотации от сочетания основного (БКК) и дополнительного собирателя.

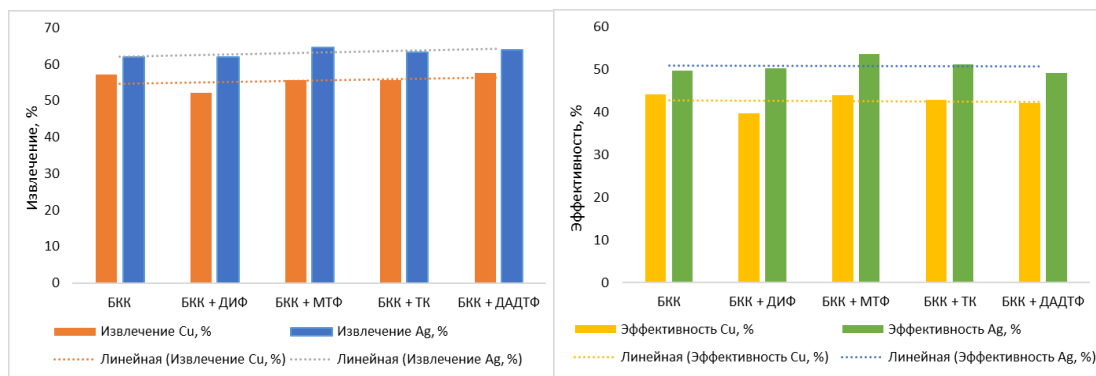


Рисунок 2 – Гистограмма зависимости

На рис. 2а приведены данные по извлечению меди и серебра при введении в процесс дополнительного собирателя к основному. Из представленных результатов следует, что значительно большее извлечение меди и серебра в суммарный концентрат (57,52 % и 64,02 % против 57,11 % и 62,02 %) и, соответственно, меньшие потери с отвальными хвостами достигаются при введении дополнительного собирателя на основе ДАДТФ. Наилучшие результаты извлечения серебра получены при использовании комбинации бутилового ксантогената калия в сочетании с МТФ. При котором достигается максимальное извлечение серебра в суммарный концентрат (64,60 %), а при использовании одного собирателя оно не превышало 62,02 %. При использовании сочетания бутилового ксантогената калия и ДИФ извлечение меди в концентрат ниже. Извлечение меди при использовании МТФ и ТК показали одинаковые значения.

Сравнительные результаты на рис. 2б показывают, что эффективность обогащения серебра увеличивается за счет применения комбинации собирателей. По данным наилучшие результаты получены при использовании реагента БКК в сочетании с МТФ. При выборе МТФ эффективность обогащения по серебру растет и достигает максимального значения, составляя при этом 53,54 %. Высокая эффективность флотации меди (44,26 %) было получено в базовом опыте с одним ксантогенатом, а при использовании смеси бутилового ксантогената калия с МТФ составила 44,04 %, что имеет незначительную разницу.

При введении ДИФ, ТК и ДАДТФ в качестве дополнительного собирателя к БКК эффективность флотации меди и серебра достигает низких значений.

Выводы

В базовом опыте при применении БКК (100 г/т) получен концентрат с эффективностью обогащения по меди и серебру 44,26 % и 49,78 %. Введение МТФ (20 г/т) совместно с БКК (80 г/т) обеспечивает значительное повышение эффективности обогащения серебра на 3,76 % (с 49,78 до 53,54 %), сокращая при этом выход концентрата на 1,13 %. При использовании комбинации собирателей получен концентрат с извлечением меди — 55,76 % и серебра — 64,60 %.

Комбинация БКК (как основного реагента-собирателя) и МТФ (как дополнительного) в процессе флотации лежалых позволяет повысить извлечение серебра в концентрат при снижении суммарного расхода собирателей по сравнению с традиционно применяемым реагентным режимом с использованием только одного БКК.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Хакимов К. Ж., Каюмов О. А. У., Эшонкулов У. Х. У., Соатов Б. Ш. У.** Техногенные отходы - перспективное сырье для металлургии узбекистана в оценке отвальных хвостов фильтрации медно-молибденовых руд // *Universum: технические науки*. – 2020. – № 12–1. – С. 54–59.
- 2 **Шумский В. А., Кушакова Л. Б.** Перерабатывать нельзя хранить // Журнал «Горно-металлургическая промышленность». – 2018. – № 8. – С. 36–39.
- 3 **Бурдзиева О. Г., Шевченко Е. В.** Эколого-экономические аспекты хранения отходов горного производства // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2010. – № 8. – С. 37–42.
- 4 **Комогорцев Б. В., Вареничев А. А.** Применение селективных реагентов-собирателей в технологиях флотационного обогащения золотосодержащих сульфидных руд // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2016. – № 12. – С. 231–242.
- 5 **Игнаткина В. А., Бочаров В. А., Пунцукова Б. Т., Алексейчук Д. А.** Исследования селективности действия сочетания ксантогената и дитиофосфата с тионокарбаматом // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2010. – № 3. – С. 105–114.
- 6 **Игнаткина В. А., Бочаров В. А.** Схемы флотации сульфидов цветных металлов на основе использования сочетания собирателей // Горный журнал. – 2010. – № 12. – С. 58–64.
- 7 **Шехирев Д. В., Думов А. М., Стрижко В. С.** Феноменологический смысл эффективности разделения по ханкоку-луйкену и дополнительный критерий эффективности // Обогащение руд. – 2010. – № 2. – С. 31–35.
- 8 **Чантурия В. А., Недосекина Т. В., Гапчич А. О.** Повышение селективности процесса флотации на основе применения новых реагентов собирателей // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2012. – № 6. – С. 106–115.
- 9 **Бочаров В. А., Игнаткина В. А., Хачатрян Л. С.** Проблемы разделения минеральных комплексов при переработке массивных упорных руд цветных металлов // Цветные металлы. – 2014. – № 5. – С. 16–23.
- 10 **Кушакова Л.Б., Яковлева Е.П.** Переработка лежалых хвостов обогатительных фабрик Восточного Казахстана // Горный журнал. – 2001. – № 9. – С. 57–61.

REFERENCES

- 1 **Hakimov K. Zh., Kayumov O. A. U., Eshonkulov U. H. U., Soatov B. Sh. U.** Tekhnogennye othody - perspektivnoe syr'e dlya metallurgii uzbekistana v ocenke otval'nyh hvostov fil'tracii medno-molibdenovyh rud // *Universum: tekhnicheskie nauki* [Hakimov K.Zh., Kayumov O.A.U., Eshonkulov U.H.U., Soatov B.Sh.U. Technogenic factors - a promising solution for Uzbek metallurgy in the production of

copper-molybdenum ore filtration tails // Universum: technical sciences]. – 2020. – № 12–1. – P. 54–59.

2 **Shumskij V. A., Kushakova L. B.** Pererabatyvat nelzya hranit // Zhurnal «Gorno-metallurgicheskaya promyshlennost» [Processing cannot be stored // Journal «Mining and Metallurgical Industry»]. – 2018. – № 8. – P. 36–39.

3 **Burdzieva O. G., Shevchenko E. V.** Ekologo-ekonomicheskie aspekty hraneniya othodov gornogo proizvodstva // Gornyy informacionno-analiticheskij byulleten (nauchno-tehnicheskij zhurnal [Ecological and economic aspects of storing mining waste // Mining information and analytical bulletin (scientific and technical journal)]. – 2010. – № 8. – P. 37–42.

4 **Komogorcev B. V., Varenichev A. A.** Primenenie selektivnyh reagentov-sobiratelej v tehnologiyah flotacionnogo obogasheniya zolotosoderzhashih sulfidnyh rud // Gornyy informacionno-analiticheskij byulleten (nauchno-tehnicheskij zhurnal) [Application of selective collecting reagents in flotation technologies for gold-containing sulfide ores // Mining information and analytical bulletin (scientific and technical journal)]. – 2016. – № 12. – P. 231–242.

5 **Ignatkina V. A., Bocharov V. A., Puncukova B. T., Aleksejchuk D. A.** Issledovaniya selektivnosti dejstviya sochetaniya ksantogenata i ditiofosfata s tionokarbamatom // Fiziko-tehnicheskie problemy razrabotki poleznyh iskopaemyh [Research on the selectivity of the action of a combination of xanthate and dithiophosphate with thionocarbamate // Physico-technical problems of mineral development]. – 2010. – № 3. – P. 105–114.

6 **Ignatkina V. A., Bocharov V. A.** Shemy flotacii sulfidov cvetnyh metallov na osnove ispolzovaniya sochetaniya sobiratelej // Gornyy zhurnal. [Schemes for flotation of non-ferrous metal sulfides based on the use of a combination of collectors // Mining Journal]. – 2010. – № 12. – P. 58–64.

7 **Shekhirev D. V., Dumov A. M., Strizhko V. S.** Fenomenologicheskij smysl effektivnosti razdeleniya po hankoku-lujkenu i dopolnitel'nyj kriterij effektivnosti // Obogashchenie rud. [Shekhirev D.V., Dumov A.M., Strizhko V.S. Phenomenological meaning of the efficiency of separation by hankoku-luiken and an additional efficiency criterion // Ore dressing]. – 2010. – № 2. – P. 31–35.

8 **Chanturiya V. A., Nedosekina T. V., Gapchich A. O.** Povyshenie selektivnosti processa flotacii na osnove primeneniya novyh reagentov sobiratelej // Fiziko-tehnicheskie problemy razrabotki poleznyh iskopaemyh [Increasing the selectivity of the flotation process based on the use of new collector reagents // Physico-technical problems of mineral development]. – 2012. – № 6. – P. 106–115.

9 **Bocharov V. A., Ignatkina V. A., Hachatryan L. S.** Problemy razdeleniya mineralnyh kompleksov pri pererabotke massivnyh upornyh rud cvetnyh metallov // Cvetnye metally [Problems of separation of mineral complexes during processing of massive refractory ores of non-ferrous metals // Non-ferrous metals]. – 2014. – № 5. – P. 16–23.

10 Kushakova L. B., Yakovleva E. P. Pererabotka lezhalyh hvostov obogatitelnyh fabrik Vostochnogo Kazakhstana // Gornyj zhurnal. [Processing of stale tailings from processing plants in Eastern Kazakhstan // Mining magazine]. – 2001. – № 9. – P. 57–61.

Поступило в редакцию 06.09.24.

Поступило с исправлениями 06.09.24.

Принято в печать 12.09.2024.

А. Р. Мамбеталиева¹, *С. Сағатбек², Т. Ш. Тусіпбекова³, Г. К. Макашева⁴

^{1,3,4}Satbayev University, Қазақстан Республикасы, Алматы қ.

²«ҚазГидроМедь» ЖШС, Қазақстан Республикасы, Қарағанды қ.

06.09.24 ж. баспаға түсті.

06.09.24 ж. түзетулерімен түсті.

12.09.24 ж. басып шығаруға қабылданды.

БАЙЫТУ ҚАЛДЫҚТАРЫНАН МЫС АЛУ

Табиғи ресурстардың сарқылуына, қоршаған ортаның қалдықтармен ластануына және қалдықтардың үйінділерде сақталуына байланысты техногендік минералды шикізатты өңдеу бүгінгі күннің өзекті мәселесі болып табылады. Техногендік минералды шикізат жоғары экономикалық құндылыққа ие және кен орындарын игеруге айтарлықтай инвестициясыз ресурстарды көбейтудің маңызды резервтерінің бірі болып табылады. Ескірген қалдықтардың бастапқы үлгісін бастапқы кен минералдары мен металлургиялық өңдеу өнімдері қамтамасыз етті. Үлгінің материалдық құрамын зерттеу индуктивті байланысқан плазмамен (ICP-MS) масс-спектрлік талдаумен, мыстың фазалық талдауы ГОСТ 33207-2014 бойынша анықталды. Минералды құрамды зерттеу OLYMPUS BX 53 микроскопы, SIMAGIS XS-3CU бейнекамера және SIAMS Mineral C7 кескінді талдау бағдарламалық құралы арқылы жылтыратылған кесінділерде шағылысқан жарықта жүргізілді. Мақалада калий бутилксантатының комбинациясын және қосымша коллекторды пайдалана отырып, ескірген қалдықтарды байытудың селективті режимдерін әзірлеу бойынша зерттеу нәтижелері берілген. Зертханалық зерттеулер калий бутилксантатының комбинациясын және моноиофосфат негізіндегі реагентті пайдаланған кезде мыс пен күмісті жалпы флотациялық концентратқа байыту кезінде ең жоғары тиімділікке қол жеткізілетінін көрсетті.

Кілтті сөздер: металлургия, байыту қалдықтары, қалдықтың құрамы, химиялық құрамы, фазалық талдау, байыту, реагенттер, флотация, концентрат.

A. R. Mambetalieva¹, *S. Sagatbek², T. Sh. Tusupbekova³, G. K. Makasheva⁴

^{1,3,4}Satbayev University, Republic of Kazakhstan, Almaty

²Kazhydromed LLP, Republic of Kazakhstan, Karaganda

Received 06.09.24.

Received in revised form 06.09.24.

Accepted for publication 12.09.24.

EXTRACTION OF COPPER FROM STALE ENRICHMENT TAILS

Due to the depletion of natural resources, environmental pollution with waste and storage of waste in dumps, an urgent task today is the processing of technogenic mineral raw materials. Technogenic mineral raw materials have high economic value and are one of the most important reserves for increasing resources without significant investment in deposit development. The initial sample of stale tailings was provided by primary ore minerals and metallurgical processing products. The study of the material composition of the sample was determined by mass spectral analysis with inductively coupled plasma (ICP-MS), the phase analysis of copper was determined according to GOST 33207-2014. The study of the mineral composition was carried out in reflected light in polished sections using an OLYMPUS BX 53 microscope, a SIMAGIS XS-3CU video camera and SIAMS Mineral C7 image analysis software. The article presents the results of a study on the development of selective enrichment modes for stale tailings using a combination of potassium butyl xanthate and an additional collector. Laboratory studies have shown that when using a combination of potassium butyl xanthate and a monothiophosphate-based reagent, the greatest efficiency is achieved in the enrichment of copper and silver into the total flotation concentrate.

Keywords: metallurgy, stale tailings, material composition, chemical composition, phase analysis, enrichment, reagents, flotation, concentrate.

Теруге 13.09.24 ж. жіберілді. Басуға 30.09.24 ж. қол қойылды.

Электрондық баспа

5,07 Mb RAM

Шартты баспа табағы 1,09 Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: Е. Е. Калихан

Корректор: А. Р. Омарова, М. М. Нугманова

Тапсырыс № 4279

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов көш., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

e-mail: kereku@tou.edu.kz

nitk.tou.edu.kz