№7 (243) 2025

научно-технический и производственный

ГОРНЫЙ ЖУРНАЛ КАЗАХСТАНА

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

Издается с января 2003 г.

Приказом **№ 603 от 12.07.2024 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
minmag.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, 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 **30.07.2025 г.**

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

© Горный журнал Казахстана 2003-2025

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

INTERRIN

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:

Fidelis Tawiah Suorineni, PhD, Professor of Mining Engineering

Барменшинова М.Б., канд. техн. наук, ассоц. профессор

Бекботаева А.А., PhD, ассоц. профессор

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

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

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

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

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

Демин В.Ф., д-р техн. наук, профессор

Едильбаев А.И., д-р техн. наук

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

Каплунов Д.Р., д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники (Россия)

Каримов Ш.В., PhD (Узбекистан)

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

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

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

Нифадьев В.И., д-р техн. наук, профессор

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

Ольшанский Е.Н., член-корреспондент МАИН

Петров Е.А., д-р техн. наук, профессор

Ратов Б.Т., д-р техн. наук, профессор

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

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

Тамбиев П.Г., канд. техн. наук

Туробов Ш.Н., PhD, доцент

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

Хамидов Р.А., PhD, доцент

Шодиев А.Н., д-р техн. наук, доцент

Чепуштанова Т.А., PhD

Содержание

® – статья на правах рекламы
ⓘ – информационное сообщение
✐ – статья публикуется в авторской редакции

3 **Колонка главного редактора**

4 **Эстафета сварочного мастерства: опыт наставников для прочного будущего отрасли**

6 **АО «ЭКГСЕРВИС» – инжиниринговая и производственная компания. 20 лет на рынке: новые решения и перспективы**

Геотехнология

10 *Б. Хусан, *Ж.Б. Ныгыметов, А.Ю. Кишенова, С.Т. Асаинов*
Оптимизация процессов горных работ с использованием методов цифровизации

Разрушение горных пород

16 *М.К. Татыбаев, О.О. Дуйсенбекова, В.В. Поветкин, *А.А. Кенбай*
Установление энергоемкости разрушения гранита по параметрам ударной системы экспериментальным методом ✐

Маркшейдерское дело

22 *Г.С. Мадимарова, *Т.Б. Нурпеисова, А.Е. Ормамбекова, Ш.А. Жантуева*
Исследование маркшейдерско-геодезических и геотехнических данных бассейна Каратау

Геомеханика

30 *Д. Таханов, *А. Рымкулова, Б. Рахметов, М. Балпанова*
Комплексное применение методов LEM и FEM для оценки геомеханических рисков

40 *А.Ж. Имашев, *А.А. Мусин, Г.Т. Нуршайыкова, М. Рабатұлы*
Применение кинематического анализа для оценки устойчивости откосов техногенных образований

Горные машины

47 **O. Kurbonov, L. Atakulov, G. Akanova, D. Kramsakov*
Investigation of velocity modes of liquid flows around electric motors of submersible pumps

55 *Ж.К. Татаева, К.К. Елемесов, *Д.Д. Басканбаева, Л.Б. Сабирова*
Газ айдау станциясының бұрандалы компрессорының электр жетегін оңтайландыру

Обогащение полезных ископаемых

61 *А.Р. Мамбеталиева, *С. Сагатбек, А.О. Мугинов, Б. Жәкен*
Құрамында көмірі бар қалдықтарды реагент-депрессорды қолдану арқылы флотациялық байыту технологиясын зерттеу

Нефтегазовое дело

67 **Ж.С. Сарқұлова, Р. Изимова, Р.Е. Байеділ, А.Т. Нұрғали*
Тұрақты энергияға көшу контекстіндегі теңіздегі бұрғылаудың болашағы

Геоэкология

72 *A. Abulgaziev, A. Zhumagaziev, *S. Kurbaniyazov, N. Saburova*
Geomorphological analysis of river systems in the Sauran district under the arid climate conditions

80 **Требования к оформлению и условия предоставления статей**

Код МРНТИ 52.45.19

А.Р. Мамбеталиева[1], *С. Сагатбек[2], А.О. Мугинов[2], Б. Жәкен[2]
[1]Сәтбаев университеті (Алматы қ., Қазақстан),
[2]«КазГидроМедь» ЖШС (Қарағанды қ., Қазақстан)

ҚҰРАМЫНДА КӨМІРІ БАР ҚАЛДЫҚТАРДЫ РЕАГЕНТ-ДЕПРЕССОРДЫ ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ ФЛОТАЦИЯЛЫҚ БАЙЫТУ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Күрделі құрамды жатқан қалдықтарды байыту мәселесі қарастырылған. Көміртекті заттың зиянды әсерін азайту және бағалы компонент шығындарын азайту үшін өнеркәсіпте әртүрлі әдістер мен технологиялық тәсілдер қолданылады. Әмбебап әдістің бірі сульфидті флотация кезінде көміртекті заттың селективті депрессорын пайдалану болып табылады. Онда пайдалы компонент концентратқа максималды түрде бөлініп, көміртекті байыту қалдықтарында қалдырады. Зертханалық тәжірибе құрамында мыс мөлшері 0,19% және көміртегі 1,87%, тотыққан мыс минералдарының салыстырмалы мөлшері 44,94% болатын жатқан қалдықтардың сынамасымен жүргізілді. Зертханалық эксперимент арқылы Р-2 көміртекті реагент-депрессорын пайдаланған кезде аралық өнімге көміртегінің алынуы 25,94%-дан 7,26%-ға дейін төмендейтіні анықталды.
Түйінді сөздер: *пайдалы қазбаларды байыту, флотация, техногендік шикізат, жатқан қалдықтар, мыс, көміртек, реагентті депрессор.*

Study of the technology of flotation enrichment of carbon-containing waste tailings with the use of a reagent-depressor

Abstract. The problem of enrichment of stale tails of complex material composition is considered. To reduce the harmful effects of carbonaceous matter and minimize the loss of a valuable component, various methods and technological techniques are used in industry. A more universal method is the use of a selective carbonaceous depressor at the stage of sulfide flotation, in which the useful component is maximally extracted into the concentrate, leaving carbon in the tailings of enrichment. The laboratory experiment was carried out on a sample of stale tailings with a copper content of 0.19% and carbon content of 1.87%, the relative content of oxidized copper minerals was 44.94%. Laboratory experiment has determined that when using the reagent of the carbon depressor P-2, the extraction of carbon into the copper industrial product decreases from 25.94% to 7.26%.
Key words: *mineral processing, flotation, man-made raw materials, stale tailings, copper, carbon, depressor reagent.*

Исследование технологии флотационного обогащения углесодержащих лежалых хвостов с применением реагента-депрессора

Аннотация. Рассмотрена проблема обогащения лежалых хвостов сложного вещественного состава. Для уменьшения вредного воздействия углеродистого вещества и минимизации потерь ценного компонента, в промышленности применяют различные методы и технологические приемы. Более универсальным методом является использование селективного депрессора углеродистого вещества на стадии сульфидной флотации, при котором полезный компонент максимально извлекается в концентрат, оставляя углерод в хвостах обогащения. Лабораторный эксперимент проведен на пробе лежалых хвостов с содержанием меди 0,19% и углерода 1,87%, относительное содержание окисленных минералов меди составило 44,94%. Лабораторным экспериментом определено, что при применении реагента депрессора углерода Р-2 извлечение углерода в медный промпродукт снижается с 25,94 % до 7,26%.
Ключевые слова: *обогащение полезных ископаемых, флотация, техногенное сырье, лежалые хвосты, медь, углерод, реагент депрессор.*

Кіріспе

Шетелдік сарапшылардың бағалауы бойынша Қазақстан түсті металдардың халықаралық нарығында мықты позицияға ие. Өндіріс деңгейі бойынша Қазақстан тазартылған мысты әлемдегі ірі өндірушілер мен экспорттаушылардың қатарына кіреді. Әлемдік мыс өндірісіндегі республиканың үлесі 2,3% құрайды. Жер қойнауындағы түсті металдардың барланған қорлары өнеркәсіпті 10–15 жылдан аспайтын мерзімге қамтамасыз етеді [1–3]. Тұтастай алғанда республика экономикасының дамуы үшін материалдық негізі болып табылатын минералдық-шикізат базасының күрт сарқылуына жол бермеу үшін құрамында металл аз кен орындарын игеру және құрамында түсті металдар көп қалдықтарды өңдеу мәселелерімен айналысу қажет. Сульфидті мыс және полиметалл кендерінде негізгі бағалы элементтен басқа, мыс, қорғасын, мырыш, темір, алюминий сияқты әрқашан байыту процессіне кері әсер ететін зиянды қоспалар болады. Осындай зиянды қоспалардың бірі көміртегі болып табылады [4–5].

Кенде көміртекті заттар, әсіресе сорбциялық белсенді органикалық қосылыстар түрінде болады және олардың мөлшері 2–3%-ға дейін жетуі мүмкін. Бұл өңдеудің оңтайлы технологиясын таңдауды айтарлықтай қиындатады.

Көміртекті заттың зиянды әсерін азайту және құнды құрамдас бөліктің жоғалуын азайту үшін өнеркәсіпте әртүрлі әдістер мен технологиялық амалдар қолданылады.

Аполярлы, гетерополярлы реагенттерді (керосин, бутил спирті) пайдалана отырып, сульфидті флотация алдында көміртекті затты селективті өнімге шығару флотацияның сульфидті концентратындағы көміртекті заттың мөлшерін азайтудың белгілі әдісі болып табылады. Дегенмен, бұл ретте көмір концентраты мен негізгі элементтің шығыны байқалады.

Негізгі әмбебап әдіс сульфидті флотация сатысында көміртекті заттың селективті депрессорын пайдалану болып табылады. Бұл ретте пайдалы компонент байыту қалдықтарында көміртегін қалдыра отырып, концентратқа барынша шығарылады. Перспективалы депрессорлар ретінде әртүрлі химиялық қосылыстар пайдаланылуы мүмкін: суда еритін нигрозин, техникалық лигносульфонаттар, декстрин және мамандандырылған Р-2 реагенті [6–10].

Бұл зерттеудің мақсаты көміртекті тұндырғыш реагентін пайдалана отырып, флотация процесінде көміртекті заттың депрессиясының негізгі мүмкіндігін анықтау болып табылады.

Материалдар мен әдістер

Зерттеу объектісі Жезқазған №3 байыту фабрикасының жатқан қалдықтарының аралас бөлігінің сынамасы болып табылады.

Жатқан қалдықтар сынамасының химиялық құрамы дәстүрлі «силикаттық» химиялық талдаумен, алтын мен күмістің құрамы сынамалық талдаумен (1-кесте) айқындалды, сынаманың элементтік құрамы индуктивті байланысқан плазмамен (ICP-MS) масс-спектрлік талдаумен белгіленді.

Кесте 1

Сынаманың химиялық талдау

Table 1

Chemical composition of the sample

Таблица 1

Химический состав пробы

Компонент	***Cu***	***Ag***, г/т	***Fe***	***S***	***Zn***	***Pb***	***As***	***C***	SiO_2
Салмақтық үлес, %	0,19	3,12	2,32	0,25	0,17	0,13	0,002	1,87	57,70
Компонент	Al_2O_3	***CaO***	***MgO***	K_2O	***Ti***	***Cd***	***Re***, г/т	Al_2O_3	***CaO***
Салмақтық үлес, %	12,92	4,38	1,23	2,37	0,29	0,002	0,36	12,92	4,38

Кен минералдарын зерделеу OLYMPUS BX 53 микроскопын, SIMAGIS XS-3CU бейнелерін талдау үшін C7 бейнелерін талдауға арналған бағдарламалық қамтамасыз етуді қолдана отырып, жылтыратылған аншлифтерде шағылысқан жарықта жүргізілді.

Бастапқы сынаманың химиялық талдау нәтижелері 1-ші кестеде келтірілген.

Негізгі құнды компоненттердің құрамы: мыс – 0,19%, мырыш – 0,17%, қорғасын – 0,13%, күмістен – 3,12 г/т. Күкірттің құрамы 0,25% құрады, жалпы темір – 2,32%. Тау жыныстарының құрамдас бөліктерінің құрамы: кремний диоксиді – 57,70%, алюминий оксиді – 12,92%, кальций оксиді – 4,38% және магний оксиді 1,23%.

Мыстың қосылу формалары бойынша қалдықтарды фазалық талдау химиялық фазалық талдау арқылы жүзеге асырылады. Нәтижелер 2-кестеде келтірілген.

Кесте 2

Мысты фазалық талдау

Table 2

Phase analysis of copper

Таблица 2

Фазовый анализ меди

Металдың фазалық түрі	Құрамы ***Cu***, % (абс.)	***Cu*** бөлу, % (салым)
Сульфидті минералдар	0,105	55,06
Тотыққан минералдар	0,085	44,94
Хризоколла	0,027	14,06
Барлығы:	0,19	100,0

2-кестедегі мәліметтерден қалдықтардың осы үлгісіндегі мыс сульфидті (55,06%) және тотыққан (44,94%) минералдармен кездесетіні көрінеді. Зерттелетін қалдықтар сынамасы аралас типке жатады.

Кенді және кенсіз минералдардың болжамды арақатынасы 2:98 құрайды:

– *Негізгі кен түзуші минералдар* – гематит, темір гидро қышқылдары (жалпы құрамы ≤ 2%);

– *Қосалқы минералдар* – ковеллин, халькопирит, борнит, галена, сфалерит;

– *Сирек кездесетін минералдар* – халькозин+дигенит, пирит;

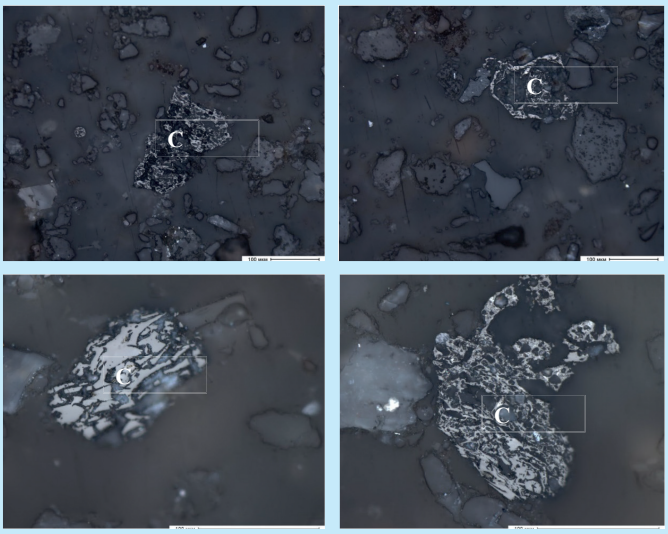
– *Өте аз кездесетін* – малахит, хризоколла, магнетит;

– *Көміртекті зат түріндегі тұрақты ілеспе механикалық қоспа* ~8–10 %;

– *Тау жыныстарын құрайтын минералдар* ~88 %.

Минералогиялық талдау көрсеткендей, қалдықтар сынамасында көміртекті зат (8–10%) едәуір мөлшерде болады. Ол жоғары гидрофобты қасиеттеріне байланысты көбік өніміне өтіп, концентраттың сапасын төмендетеді. Сонымен қатар, концентратта көміртегінің жоғары мөлшерінің болуы оны цианидтеу арқылы одан әрі өңдеуде қиындықтар туғызады.

Көміртекті зат мөлшері 0,15 мм-ге дейін кеуекті немесе ұяшық тәрізді, сирек тығыз агрегаттар түзеді (1-сурет). Көміртектің оқшауланған сипаты оның механикалық қоспасын көрсетеді.



C – көміртек

Сурет 1. Көміртекті заттың кездесу формалары. 200 ұлғайту.
Figure 1. Carbon matter emissions. Magnification of 200.
Рис. 1. Выделения углеродного вещества. Увеличение 200.

Флотациялық байыту камераларының көлемі 3, 1,0 және 0,5 литр болатын Механобр типті стандартты зертханалық механикалық флотациялық машиналарда жүргізілді. Зерттеу үшін келесі реагенттер қолданылды: сұйық шыны (Na_2SiO_3), күкіртті натрий (Na_2S), ксантогенат (Кх), метилизобутил кетон (МИБК), Р-2, керосин және бутил

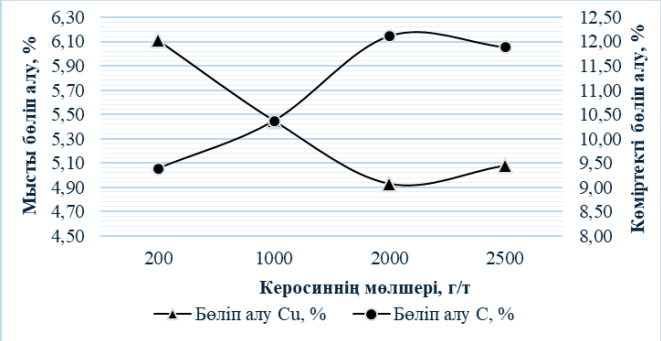
спирттерінің текше қалдығы (КОБС). Флотация уақыты 10 минут, пульпаның тығыздығы 30%, дайын класты құрамы -0,071 мм – 85%, зертханалық тәжірибе барысында сутегі көрсеткіші (pH) және тотығу-тотықсыздану потенциалы (ОВП) деңгейінің көрсеткіштері бақыланады. (pH деңгейі HANNA HI 1230 және ORP – HI 3131 электродтарымен бақыланды).

Нәтижелер және оларды талқылау

Сульфидтік флотация алдында көміртекті флотацияның жүруін анықтау үшін көміртекті жинаушы реагенттер – керосин + КОБС көмегімен флотацияны бағалау сынақтары жүргізілді.

Байыту схемасы 2-суретте көрсетілген және 3-ші суретте мыс пен көміртектің бөліп алу нәтижелері келтірілген.

Сурет 2. Зертханалық эксперименттің принципті технологиялық сызбасы.
Figure 2. The basic technological scheme of the laboratory experiment.
Рис. 2. Принципиальная технологическая схема проведения лабораторного эксперимента.



Сурет 3. Мыс пен көміртекті бөліп алу нәтижелері.
Figure 3. Results of copper and carbon extraction.
Рис. 3. Результаты извлечения меди и углерода.

3-суретте бейнеленгендей, көміртекті флотациялауды жүргізу көміртегінің мөлшерін азайтуда оң нәтиже бермейді. Бұл концентраттағы көміртегі көмірді жаққаннан алынған өнім – құрамында көміртегі қалдығы бар шлак түрінде болуымен байланысты.

Кіріспе бөлімінде көрсетілгендей концентратта көміртегінің құрамын азайтудың тағы бір жолы реагент-депрессорды пайдалану. Осы ретте көміртегінің депрессиясы есебінен концентраттың сапасын арттыру мақсатында Р-2 көміртегінің депрессорын қолданумен тәжірибелер жүргізілді.

Зертханалық эксперименттің негізгі технологиялық сызбасы 4-ші суретте көрсетілген.

Сурет 4. Зертханалық эксперименттің принципті технологиялық сызбасы.
Figure 4. The basic technological scheme of the laboratory experiment.
Рис. 4. Принципиальная технологическая схема проведения лабораторного эксперимента.

Көміртекті басатын Р-2 реагентінің мөлшерін таңдау зертханалық тәжірибелер 3-кестеде келтірілген.

Кесте 3

Тәжірибе нәтижелері

Table 3

The results of the experiments

Таблица 3

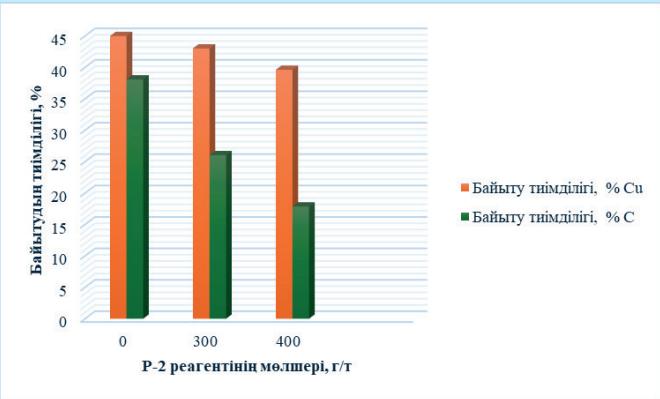
Результаты опытов

Мөлшері Р-2, г/т	Өнімдер	Шығымы, %	Құрамы, %		Бөліп алу, %	
			Cu	***C***	***Cu***	***C***
Тәжірибе 1						
0	I тазалау к-ты	1,82	3,47	26,65	33,34	25,94
	Аралық өнім	4,21	0,54	5,61	12,08	12,63
	Бақылау к-ты	3,22	0,59	4,68	10,07	8,05
	Σ Концентрат	9,25	1,14	9,43	55,49	46,62
	Қалдықтар	90,75	0,09	1,10	44,51	53,38
	Бастапқы өнім	100,0	0,19	1,87	100,0	100,0
Тәжірибе 2						
300	I тазалау к-ты	0,97	6,24	22,34	31,92	11,59
	Аралық өнім	3,66	0,49	8,05	9,48	15,75
	Бақылау к-ты	3,18	0,62	3,53	10,45	6,01
	Σ Концентрат	7,81	1,26	7,99	51,85	33,35

Продолжение таблицы 3

Мөлшері Р-2, г/т	Өнімдер	Шығымы, %	Құрамы, %		Бөліп алу, %	
			Cu	*C*	*Cu*	*C*
	Қалдықтар	92,19	0,10	1,35	48,15	66,65
	Бастапқы өнім	100,0	0,19	1,87	100,0	100,0
Тәжірибе 3						
400	I тазалау к-ты	0,71	7,27	19,12	27,17	7,26
	Аралық өнім	3,52	0,60	7,23	11,03	13,61
	Бақылау к-ты	3,15	0,61	2,39	10,12	4,02
	Σ Концентрат	7,38	1,24	6,31	48,31	24,89
	Қалдықтар	92,62	0,11	1,52	51,69	75,11
	Бастапқы өнім	100,0	0,19	1,87	100,0	100,0

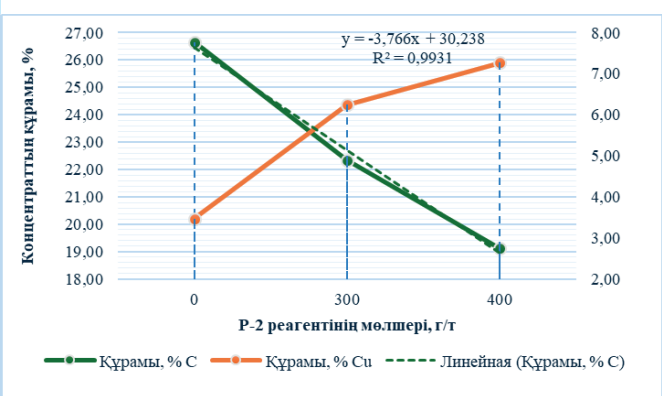
Зертханалық тәжірибе нәтижелерін бағалау үшін Ханкон-Луйкен бойынша байыту тиімділігінің есептеулері жүргізілді. Ол флотация көрсеткіштері – шығу, кендегі құнды компоненттің құрамы және концентраттарға бөліну арасындағы тәуелділікті білдіреді. Байыту тиімділігін есептеу нәтижелері 5-суретте келтірілген.



Сурет 5. Байыту тиімділігінің есептеу нәтижелері.
Figure 5. The results of the calculation of the enrichment efficiency.
Рис. 5. Результаты расчета эффективности обогащения.

Мыстың концентраттағы көміртегі құрамына тәуелділігінің нәтижелері 6-шы суретте көрсетілген.

Нәтижелерден келіп шығатыны, Р-2 реагентінің шығыны 0-ден 300 г/т дейін артқан кезде бірінші тазалау концентратындағы көміртегінің құрамы 26,65%-дан 19,12%-ға дейін төмендейді. Бұл ретте байыту тиімділігі 38,08%-дан 26,03%-ға дейін төмендейді. Р-2 шығынының одан әрі арттыру оң көрсеткіштер бермейді. Флотация жүргізу үшін Р-2 реагентінің оңтайлы шығысымен 300 г/т шығын қабылданды.



Сурет 6. Мыстың құрамының көміртегі құрамына тәуелділігі.
Figure 6. Dependence of copper content on carbon content.
Рис. 6. Зависимость содержания меди от содержания углерода.

Қорытынды

Зертханалық эксперимент құрамында 0,19% мыс және 1,87% көміртегі бар қалдықтар өнімінде жүргізілді. Мыстың тотыққан минералдарының салыстырмалы құрамы 44,94%-ды құрады. Флотация алдында көміртегіні алдын ала бөліп алу мүмкіндігін анықтау үшін көміртегіні жинаушы реагенттерді – керосин + ҚОБС қолдана отырып, флотация бойынша бағалау тесттері орындалды. Сульфидті флотация алдында көміртегі флотациясын жүргізу оң нәтиже көрсетпеді.

Көміртегі депрессиясы есебінен концентраттың сапасын арттыру, сондай-ақ одан әрі сілтілеу кезінде реагенттердің шығынын төмендету мақсатында көміртегі Р-2 депрессорын қолдану арқылы тәжірибелер жүргізілді. Осылайша, флотация процесінде көміртекті зат депрессорларының реагенттерін қолдану осы сынама үшін неғұрлым тиімді болып табылатыны анықталды. Мыс өніміндегі көміртегінің құрамы төмендеген кезде өнеркәсіп өніміндегі мыстың құрамы 3,47%-дан 6,24%-ға дейін артады.

Негізгі тәжірибеде депрессорды қолданбағанда мыс концентратында мыс пен көміртектің құрамы 3,47% және 26,65% тең. Р-2 депрессоры (300 г/т) концентраттың шығымдылығын 0,85%-ға төмендете отырып, көміртекті алуды 14,35%-ға (25,94%-дан 11,59%-ға дейін) азайтуды қамтамасыз етеді. Р-2 депрессоры қолданғанда концентратқа мыс – 31,92% және көміртек – 11,59% бөліп алынды.

Қалдықтарды флотациялау кезінде Р-2 депрессорын қолданғанда концентраттағы мыс құрамын арттыруға, сонымен бірге көміртегінің мөлшерін азайтуға және оның флотациялық қалдықтарға аударуға арттырады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. *Төребекова Қ.С. Байыту фабрикаларының үйінді қалдықтарынан түсті металдар концентраты мен кремний оксидін алу технологиясын жасау: дис. ...д-р. Ph.D: Қарағанды: 2023. 136 б. (орыс тілінде)*
2. *Архипов А.В., Решетняк С.П. Техногендік кен орындары: игерілуі және қалыптасуы: Апатиттер, 2017. 175 б. (орыс тілінде)*
3. *Чантурия В.А. Минералды шикізатты кешенді өңдеудің инновациялық процестерін ғылыми негіздеу және дамыту // Тау-кен журналы. 2017. № 11. Б. 7–13 (орыс тілінде)*
4. *Шумский В.А., Кушакова Л.Б. Қайта өңдеуге болмайды // «Тау-кен металлургия өнеркәсібі» журналы. 2018. № 8. Б. 36–39 (орыс тілінде)*
5. *Высотин В.В., Коблов А.Ю., Винокурова М.А. Жатқан қалдықтардан мысты алдын ала алудың флотациялық технологиясының болашағы // Тула мемлекеттік университетінің жаңалықтары. Жер туралы ғылымдар. 2020. № 2. Б. 99–105 (орыс тілінде)*
6. *Вудс Р. Флотацияны басқаратын электрохимиялық потенциал // Минералды өңдеудің халықаралық журналы. 2003. Т. 72. № 1–4. Б. 151–162 (ағылшын тілінде)*
7. *Александрова Т. Көміртекті кендерден қымбат металдарды алудың технологиялық аспектілері // XXVIII Халықаралық минералды өңдеу конгрессі IMPC 2016, Квебек, 11–15 қыркүйек 2016 ж. (ағылшын тілінде)*
8. *Александрова Т.Н., Цыплаков В.Н., Ромашев А.О., Семенихин Д.Н. Майское кен орнының отқа төзімді алтын сульфидті кендері мен концентраттарынан сорбциялық белсенді көміртекті заттарды жою // Кен байыту. 2015. № 4. 2015. Б. 3–7 (орыс тілінде)*
9. *Медет Жүнісов, Асиф Мұхаммед, Сотириос Лонгинос. Кенді кен орындарындағы алтынмен байланысты органикалық заттардың геохимиялық талдауы: Қазақстан мен Венгрияны зерттеу // Acta Geochimica. 2024. № 6. Б. 14 (ағылшын тілінде)*
10. *Седельникова Г.В. Тұрақты алтын сульфидті кендер мен концентраттарды өңдеудің әлемдік тәжірибесі // Табиғи және техногендік минералды шикізатты байыту мен кешенді өңдеудің прогрессивті әдістері (Плаксин оқулары), Алматы. 2014 жылғы 16–19 қыркүйек. Б. 34–38 (орыс тілінде)*

REFERENCES

1. *Turebekova K.S. Razrabotka tekhnologii polucheniya kontsentrata tsvetnykh metallov i oksida kremniya iz otval'nykh khvostov obogatitel'nykh fabrik: dis. ... d-r.. Ph.D [Development of technology for obtaining non-ferrous metal concentrate and silicon oxide from tailings of enrichment plants: diss. ... d-r Ph.D], Karaganda, 2023. 136 p. (in Russian)*
2. *Arkhipov A.V., Reshetnyak S.P. Tekhnogennye mestorozhdeniya: razrabotka i formirovanie [Technogenic deposits: development and formation], Apatity, 2017. 175 p. (in Russian)*
3. *Chanturiya V.A. Nauchnoe obosnovanie i razrabotka innovatsionnykh protsessov kompleksnoi pererabotki mineral'nogo syr'ya [Scientific substantiation and development of innovative processes of complex processing of mineral raw materials], Gornyi zhurnal [Mining Journal]. 2017. No. 11. 7–13 pp. (in Russian)*
4. *Shumskii V.A., Kushakova L.B. Pererabatyvat' nel'zya khranit' [Recycle cannot be stored], Zhurnal «Gorno-metallurgicheskaya promyshlennost' [Journal of Mining and Metallurgical Industry]. 2018. No. 8. 36–39 pp. (in Russian)*
5. *Vysotin V.V., Koblov A.Yu., Vinokurova M.A. Perspektivy flotatsionnoi tekhnologii doizvlecheniya medi iz lezhalykh khvostov [Prospects of the flotation technology of copper extraction from waste tailings], Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauka o Zemle [News of Tula State University. Earth Science]. 2020. No. 2. 99–105 pp.] (in Russian)*
6. *Woods R. Electrochemical potential controlling flotation // International Journal of Mineral Processing. 2003. T. 72. No. 1–4. 151–162 pp. (in English)*
7. *Alexandrova T. Technological aspects of recovery of precious metals from carbonaceous ores // XXVIII International mineral processing congress IMPC 2016 Québec, 11–15 September 2016 (in English)*
8. *Aleksandrova T.N., Cyplakov V.N., Romashev A.O., Semenihin D.N. Udalenie sorbcionno-aktivnyh uglerodistyh veshhestv iz upornyh zolotosul'fidnyh rud i koncentratov mestorozhdenija «Majskoe» [Removal of sorption-active carbonaceous substances from refractory gold-sulfide ores and concentrates of the deposit «Mayskoye»], Obogashcheniye rud [Ore Enrichment]. 2015. No. 4. 3–7 pp. (in Russian)*
9. *Medet Junussov, Asif Mohammad, Sotirios Longinos. Geochemical analysis of organic matter associated with gold in ore deposits: A study of Kazakhstan and Hungary // Acta Geochimica, 2024. No. 6. P. 14 (in English)*

10. *Sedel'nikova G.V. Mirovaja praktika pererabotki upornyh zolotosul'fidnyh rud i koncentratov [World practice of processing of refractory gold-sulfide ores and concentrates], Progressivnye metody obogashhenija i kompleksnoj pererabotki prirodnogo i tehnogennogo mineral'nogo syr'ja (Plaksinskie chtenija) [Progressive methods of enrichment and complex processing of natural and anthropogenic mineral raw materials (Plaksin readings)], Almaty, September 16–19, 2014. 34–38 pp. (in Russian)*

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Туребекова К.С. Разработка технологии получения концентрата цветных металлов и оксида кремния из отвальных хвостов обогатительных фабрик: дис. ... д-р.. Ph.D: Караганда, 2023. 136 с. (на русском языке)*
2. *Архипов А.В., Решетняк С.П. Техногенные месторождения: разработка и формирование: Апатиты, 2017. 175 с. (на русском языке)*
3. *Чантурия В.А. Научное обоснование и разработка инновационных процессов комплексной переработки минерального сырья // Горный журнал. 2017. № 11. С. 7–13 (на русском языке)*
4. *Шумский В.А., Кушакова Л.Б. Перерабатывать нельзя хранить // Журнал «Горно-металлургическая промышленность». 2018. № 8. С. 36–39 (на русском языке)*
5. *Высотин В.В., Коблов А.Ю., Винокурова М.А. Перспективы флотационной технологии доизвлечения меди из лежалых хвостов // Известия Тульского государственного университета. Наука о Земле. 2020. № 2. С. 99–105 (на русском языке)*
6. *Вудс Р. Электрохимический потенциал, контролирующий флотацию //International Journal of Mineral Processing. 2003. Т. 72. № 1–4. С. 151–162 (на английском языке)*
7. *Александрова Т. Технологические аспекты извлечения драгоценных металлов из углистых руд // XXVIII Международный конгресс по переработке полезных ископаемых IMPC 2016, Квебек, 11–15 сентября 2016 г. (на английском языке)*
8. *Александрова Т.Н., Цыплаков В.Н., Ромашев А.О., Семенихин Д.Н. Удаление сорбционно-активных углеродистых веществ из упорных золотосульфидных руд и концентратов месторождения «Майское» // Обогащение руд. 2015. № 4. С. 3–7 (на русском языке)*
9. *Медет Жунусов, Асиф Мохаммад, Сотириос Лонгинос. Геохимический анализ органического вещества, связанного с золотом в рудных месторождениях: исследование Казахстана и Венгрии // Acta Geochimica. 2024. № 6. С. 14 (на английском языке)*
10. *Седельникова Г.В. Мировая практика переработки упорных золотосульфидных руд и концентратов // Прогрессивные методы обогащения и комплексной переработки природного и техногенного минерального сырья (Плаксинские чтения), Алматы, 16–19 сентября 2014. С. 34–38 (на русском языке)*

Авторлар туралы мәліметтер:
Мамбеталиева А.Р., Ph.D докторы, «Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту» кафедрасының аға оқытушысы Satbayev University (Алматы қ., Қазақстан), *a.mambetaliyeva@satbayev.university;* https://orcid.org/0000-0003-1536-5259
Сагатбек С., «ҚазГидроМедь» ЖШС инженер-зерттеушісі (Қарағанды қ., Қазақстан), *sunkarsagatbek@mail.ru;* https://orcid.org/0009-0006-1931-1716
Мугинов А.О., «ҚазГидроМедь» ЖШС инженер-зерттеушісі (Қарағанды қ., Қазақстан), *aibek92.29@mail.ru;* https://orcid.org/0009-0000-5130-8396
Жәкен Б., «ҚазГидроМедь» ЖШС инженер-зерттеушісі (Қарағанды қ., Қазақстан), *bk.zh02@mail.ru;* https://orcid.org/0009-0006-8297-6358

Information about the authors:
Mambetaliyeva A.R., Ph.D, Senior Lecturer at the Department of Metallurgy and Mineral Processing at Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)
Sagatbek S., Research Engineer at Kazhydromed LLP (Karaganda, Kazakhstan)
Muginov A.O., Research Engineer at Kazhydromed LLP (Karaganda, Kazakhstan)
Zhaken B., Research Engineer at Kazhydromed LLP (Karaganda, Kazakhstan)

Сведения об авторах:
Мамбеталиева А.Р., доктор Ph.D, старший преподаватель кафедры «Металлургия и обогащение полезных ископаемых» Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)
Сагатбек С., инженер-исследователь ТОО «КазГидроМедь» (г. Караганда, Казахстан)
Мугинов А.О., инженер-исследователь ТОО «КазГидроМедь» (г. Караганда, Казахстан)
Жакен Б., инженер-исследователь ТОО «КазГидроМедь» (г. Караганда, Казахстан)