

Код МРНТИ 52.45.17

И.Ю. Мотовилов, *М.Б. Барменшинова, Ш.А. Телков, Р.С. Омар

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

ИЗУЧЕНИЕ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА И ОЦЕНКА ГРАВИТАЦИОННОЙ ОБОГАТИМОСТИ ОКИСЛЕННЫХ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ РК

Аннотация. Данная работа посвящена изучению вещественного состава окисленных полиметаллических руд и их гравитационной обогатимости. Исследованы три пробы руды и определено, что ценными компонентами в рудах является свинец и серебро. Наиболее сложной пробой является проба №1, т.к. в ней 24,15% (отн.) свинца находится в неизвлекаемой гравитацией и флотацией форме в виде плумбозорита. В исследуемых пробах №1 и №2 отмечается довольно высокое содержание первичных шламов (-0,04+0,0 мм), выход которых составил 38,50% проба №1 и 44,70% проба №2. Гравитационное обогащение на отсадочных машинах и концентрационном столе исследованных окисленных проб обеспечивает извлечение крупных свободных зерен церуссита в кондиционный гравитационный концентрат на уровне 44-49%, что будет снижать их переизмельчение перед флотационным обогащением и способствовать повышению общего извлечения свинца.

Ключевые слова: химический анализ, минералогический анализ, гранулометрический анализ, физико-механические свойства, гравитационное обогащение, гравитационный концентрат.

ҚР кен орындарындағы тотыққан полиметалл кендерінің заттық құрамын зерттеу және гравитациялық байытылуын бағалау

Андатпа. Бұл жұмыс тотыққан полиметалл кендерінің заттық құрамын және олардың гравитациялық концентрациясын зерттеуге арналған. Үш кен сынамамы зерттеліп, кендегі бағалы компоненттер қорғасын мен күміс екені анықталды. Ең қиын үлгі №1 үлгі, өйткені ондағы қорғасынның 24,15% (салыст.) гравитациямен және флотациямен бөлініп алынбайтын пішінде плумбозорит түрінде болады. Зерттелетін №1 және №2 үлгілерде бастапқы шламың едеуір жоғары мөлшері (-0,04+0,0 мм) байқалады, оның шығымы №1 сынама үшін 38,50% және №2 сынама үшін 44,70% құрады. Зерттелетін тотыққан сынамаалардың концентрациялық столда гравитациялық байыту церусситтің ірі бос түйіршіктерін стандартты гравитациялық концентратқа 44-49% деңгейінде шығаруды қамтамасыз етеді, бұл флотациялық байыту алдында олардың қайта ұнтақталуын азайтады және қорғасынның жалпы бөліп алынуын арттыруға ықпал етеді.

Түйінді сөздер: химиялық талдау, минералогиялық талдау, гранулометриялық талдау, физика-механикалық қасиеттері, гравитациялық байыту, гравитациялық концентрат.

Study of material composition and assessment of gravity concentration of oxidised polymetallic ores of RK deposit

Abstract. This work is devoted to the study of the material composition of oxidised polymetallic ores and their gravity enrichment. Three ore samples were studied and it was determined that the valuable components in the ores are lead and silver. The most difficult sample is sample No.1, because in it 24,15% (relative) of lead is in the form of plumbogorite, which is not extracted by gravity and flotation. In the studied samples No.1 and No.2 there is rather high content of primary slimes (-0,04+0,0 mm), the yield of which was 38,50% – sample No.1 and 44,70% – sample No.2. Gravity enrichment on jig washer and concentration table of the studied oxidised samples provides extraction of large free cerussite grains in the conditioned gravity concentrate at the level of 44-49% that will reduce their overgrinding before flotation enrichment and contribute to increase of total lead recovery.

Key words: chemical analysis, mineralogical analysis, granulometric analysis, physical and mechanical properties, gravity concentration, gravity concentrate.

Введение

Особенность окисленных свинцово-цинковых руд обусловлена довольно высоким содержанием в них свинца, которое колеблется в широких пределах 3-10% [1]. Получаемые нестабильные технологические показатели обогащения обусловлены изменчивостью вещественного состава не только вмещающих пород, но и изменчивым соотношением окисленных минералов свинца.

Наиболее целесообразный метод обогащения окисленных свинцово-цинковых руд – это флотация после предварительной сульфидизации [2-5]. Также могут применяться гравитационные методы, такие как обогащение в тяжелых суспензиях, отсадка, винтовая сепарация и концентрация на столах или комбинация гравитационного и флотационного обогащения.

При обогащении сульфидных и окисленных свинцово-цинковых руд гравитационно-флотационным способом, гравитационному обогащению как правило отводят роль предварительной концентрации ценных компонентов с получением отвальных крупнокусковых хвостов в виде легкой фракции [6]. Удаление пустой породы в голове процесса улучшает условия последующих операций по разделению минералов, а также способствует уменьшению эксплуатационных затрат на дробление, измельчение и флотацию [7].

Также при высоких содержаниях свинца в рудах, гравитационное обогащение может обеспечить получение кондиционного концентрата при грубом измельчении руды, крупность которого превышает крупность, при котором возможно осуществлять процесс флотации, что в свою очередь снизит переизмельчение крупных зерен минералов свинца.

Цель – изучить вещественный состав проб окисленных полиметаллических руд, исследовать и дать оценку их гравитационной обогатимости.

Объект и методы исследования

Настоящие исследования выполнены в НАО «КазНТУ» им. К.И. Сатпаева на кафедре «Металлургия и обогащение полезных ископаемых» в рамках программно-целевого проекта №BR21881939.

Объектом исследования являлись пробы окисленной полиметаллической руды месторождения РК, отличающиеся вещественным составом в зависимости от глубины залегания. Пробы окисленной полиметаллической руды были разделены на три типа и обозначены в зависимости от глубины залегания как проба №1, проба №2 и проба №3.

Изучения вещественного состава проб окисленных руд выполнены с использованием химических, фазовых,

рентгенодифрактометрических, минералогических, granulometric analyses, а также замерами плотности, крепости и индекса измельчаемости по Бонду [8-11].

Отбор проб для выполнения вышеперечисленных анализов выполнен с использованием стандартных методик, рекомендуемых при исследовании полезных ископаемых на обогатимость, смысл которых заключается во взаимосвязи крупности и массы отбираемой пробы, в которой с достаточной достоверностью сохранены все свойства первоначальной технологической пробы и руды месторождения.

Гравитационное обогащение проводилось с использованием отсадочных машин и концентрационных столов. Обогащение на отсадочных машинах выполнено на машинных классах крупностью -16+3 мм и -3+0,071 мм, полученных рассевом из пробы исходной руды.

Отсадка машинного класса крупностью -16+3 мм осуществлялась на лабораторном пульсаторе с пневматическим приводом. Параметры отсадки машинного класса крупностью -16+3 мм: частота пульсаций составила 70 колебаний в минуту, амплитуда колебаний 100 мм, цикл пульсаций синусоидальный (50 – 0 – 50), диаметр камеры 250 мм, размер отверстий решета – 2,0 мм, высота естественной постели 200 мм, расход подрешетной воды 5 м³/т и удельная нагрузка 10 т/ч·м².

Для обогащения мелких классов крупностью -3+0,071 мм использовалась двухкамерная диафрагмовая

отсадочная машина типа ОМЛ ЦНИГРИ: частота пульсаций составила 250 колебаний в минуту, амплитуда колебаний 8 мм, искусственная постель из зерен крупностью 8-10 мм и плотностью 3,5 т/м³, расход подрешетной воды 3 м³/т и удельная нагрузка 4 т/ч·м².

Для получения свинцовой головки использовался концентрационный стол типа СКО – 0,5 завода «Труд». Параметры концентрации на столе: производительность 50 кг/ч, расход воды 1,5 м³/т, угол наклона деки 2°, отношение Ж:Т в питание 2:1.

Результаты и обсуждения

Изучение вещественного состава

Результаты химического анализа исследуемых проб приведены в таблице 1.

Анализ результатов таблицы 1 показывает, что промышленную ценность представляет свинец и серебро. В пробе №3 отмечается содержание цинка 1,87%, но так как цинк в пробе находится в окисленной форме, практикой установлено, что его эффективное извлечение методами обогащения невозможно.

Результаты фазового анализа на свинец приведены в таблице 2.

Из анализа результатов таблицы 2 можно сделать вывод, что наиболее сложной пробой является проба №1, т.к. в ней 24,15% свинца находится в неизвлекаемой гравитацией и флотацией форме в виде плюмбоярозита. В остальных

Результаты химических анализов исследуемых проб

Зерттелетін үлгілердің химиялық талдауларының нәтижелері

Results of chemical analyses of investigated samples

Наименование пробы	Массовая доля, %									
	<i>Pb</i>	<i>Zn</i>	<i>Ag</i> , г/т	<i>BaSO₄</i>	<i>Fe</i>	<i>SiO₂</i>	<i>CaO</i>	<i>MgO</i>	<i>Al₂O₃</i>	<i>S</i>
Проба №1	5,82	0,68	15,5	0,17	14,37	61,75	0,70	1,57	6,01	0,07
Проба №2	6,88	0,79	97,3	15,48	4,35	44,5	2,70	2,25	8,46	1,30
Проба №3	4,67	1,87	92,70	14,45	1,68	5,55	47,60	18,50	2,94	2,06

Таблица 1

Кесте 1

Table 1

Результаты фазового анализа на свинец

Қорғасын үшін фазалық талдау нәтижелері

Results of phase analysis for lead

Формы свинца	Содержание, %					
	Проба №1		Проба №2		Проба №3	
	(абс.)	(отн.)	(абс.)	(отн.)	(абс.)	(отн.)
<i>Pb</i> церуссита <i>PbCO₃</i>	3,20	54,96	6,37	91,02	4,03	82,23
<i>Pb</i> галенита <i>PbS</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,68	13,92
<i>Pb</i> пироморфита <i>Pb₃(PO₄)₂Cl</i>	1,21	20,89	0,54	7,67	0,00	0,00
плюмбоярозита <i>PbFe₆(SO₄)₄(OH)₂</i>	1,41	24,15	0,09	1,31	0,19	3,85
<i>Pb</i> общий	5,82	100	7,00	100	4,90	100

Таблица 2

Кесте 2

Table 2

Таблица 3

Результаты полуколичественного рентгенофазового анализа

Кесте 3

Жартылай сандық рентгендік фазалық талдау нәтижелері

Table 3

Results of semi-quantitative X-ray phase analysis

Минерал	Формула	Концентрация, %		
		Проба №1	Проба №2	Проба №3
доломит	$CaMg(CO_3)_2$	4,8	7,9	43,0
кальцит	$Ca(CO_3)$	-	6,3	26,5
барит	$BaSO_4$	-	16,6	8,0
кварц	SiO_2	80,4	41,0	4,7
галенит	PbS	-	-	1,8
пирит	FeS_2	-	-	2,8
гетит	$FeO(OH)$	3,2	13,2	7,6
альбит	$(Na,Ca)Al(Si,Al)_3O_8$		-	1,3
церуссит	$PbCO_3$	4,8	7,9	2,6
слюда	$KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$	6,8	7,0	1,6

ных пробах свинец находится в извлекаемых формах в виде церуссита, галенита и пироморфита.

Рентгенодифрактометрический анализ проведен на автоматизированном дифрактометре ДРОН-3 с $Si_{k\alpha}$ -излучением, β -фильтр. Условия съемки дифрактограмм: $U = 35$ кВ; $I = 20$ мА; съемка θ -2 θ ; детектор 2 град/мин. В таблице 3 приведены результаты полуколичественного рентгенофазового анализа.

Из анализа результатов рентгенофазового анализа можно проследить изменение вещественного состава проб от их степени окисленности, который выражается в усложнении вещественного состава, снижается содержание кварца в пробах №2 и №3 и увеличивается содержание доломитов и кальцитов.

Проба №1 представляет собой кварц-каолиновую породу с включениями тонкозернистого агрегата сидерит-гетитового состава, с гнездами кристаллически-зернистого, аллотриоморфно зернистого церуссита, размером от 0,05 до 0,3 мм. В пределах трещин и пустот выщелачивания наблюдаются концентрически-зональные образования, сложенные тонкозернистыми агрегатами (размер зерен ~ 0,007 мм) церуссита, гетита и сидерита. На участках, менее подверженных окислительным процессам, видна реликтовая полосчатая микротекстура с чередованием рудных прослоев.

Проба №2 представляет собой кварц-барит-церусситовую руду, тонкополосчатую, средне-мелкозернистую, чередование полос обусловлено прослоями церуссита кварца и барита с гидроокислами железа. Основной рудный минерал – церуссит представляет собой тонкое срастание ангдральных скоплений неправильной формы с кварцем, реже с баритом, сростки размером от 0,02 до 0,7 мм, неправильной формы, края изрезаны. Структура церуссита аллотриоморфнозернистая. В центральных частях скоплений наблюдаются реликтовые включения галенита (~ 2%), размером от 0,007 до 0,05

мм с каемкой англезита, характеризующимся буровато-серым цветом в отраженном свете и темно-серыми внутренними рефlekсами на фоне буровато-серых у церуссита. Редкая спорадическая вкрапленность пирита с размером зерен до 0,02 мм неправильной, иногда полуовальной формы.

Проба №3 представляет собой известняк темно-бурого цвета с послойными выделениями церуссита с реликтами галенита, тонкозернистым пиритом и сфалеритом в кварц-карбонатной породе. Церуссит – основной рудный минерал, он количественно преобладает над галенитом, который в виде реликтов наблюдается обычно по периферии зерен. В церуссите часто наблюдается реликтовая сыпь галенита.

Результаты ситового анализа окисленных проб руд, дробленных до 16 мм с распределением свинца по классам крупности, приведены в таблице 4.

По данным ситового анализа окисленных проб руд, распределение свинца по крупности неравномерно. Его содержание по классам крупности варьируется от 2,54% (-0,04+0,0 мм) до 14,85% (-16+8 мм) проба №1; от 2,29% (-0,04+0,0 мм) до 13,42% (-3+0,5 мм) проба №2; от 3,84% (-16+8 мм) до 8,37% (-0,5+0,071 мм) проба №3. Такая картина распределения в пробах №1 и №2 является показателем наличия крупных вкраплений окисленных минералов свинца, которые при относительно грубом измельчении руды будут находиться в свободном виде и в богатых сростках. В пробе №2 наличия крупных вкраплений окисленных минералов свинца наблюдается меньше. В исследуемых пробах №1 и №2 отмечается довольно высокое содержание первичных шламов (-0,04+0,0 мм), выход которых составил 38,50% проба №1 и 44,70% проба №2.

В таблице 5 приведены результаты определения физико-механических свойств окисленных проб полиметаллических руд.

Таблица 4

Результаты ситового анализа окисленных проб руд, дробленных до 16 мм

Кесте 4

16 мм-ге дейін ұсақталған тотыққан кен үлгілерінің елеуіштік талдау нәтижелері

Table 4

Results of sieve analysis of oxidised ore samples crushed to 16 mm

Класс крупности, мм	Выход, %			Содержание Pb, %			Извлечение Pb, %		
	Проба №1	Проба №2	Проба №3	Проба №1	Проба №2	Проба №3	Проба №1	Проба №2	Проба №3
-16+8	11,37	13,51	58,21	14,85	10,46	3,84	29,06	20,73	49,85
-8+3	11,04	7,96	21,78	10,00	13,1	4,53	19,00	15,29	22,00
-3+0,5	10,70	10,36	9,72	5,90	13,42	5,61	10,86	20,39	12,16
-0,5+0,071	19,75	11,58	5,34	5,15	12,97	8,37	17,50	22,02	9,97
-0,071+0,04	8,64	11,89	0,99	4,54	3,76	7,97	6,75	6,56	1,76
-0,04+0,0	38,50	44,70	3,96	2,54	2,29	4,82	16,83	15,01	4,26
Итого	100,00	100,00	100,00	5,81	6,82	4,48	100,00	100,00	100,00

Таблица 5

Физико-механические свойства исследованных проб окисленной полиметаллической руды

Кесте 5

Тотыққан полиметалл кенінің зерттелетін үлгілерінің физика-механикалық қасиеттері

Table 5

Physical and mechanical properties of oxidised polymetallic ore samples studied

Показатели	Значения		
	Пробы		
	Проба №1	Проба №2	Проба №3
ρ_t – удельный вес (плотность), г/см ³	3,05	3,25	3,21
ρ_b – насыпная плотность при крупности дробления -16+0,0 мм, г/см ³	1,68	1,72	1,7
f – коэффициент крепости по Протоdjяконову	13,1	12,2	10,2
$tg\theta$ – угол естественного откоса, град.	32	25	24
AI – индекс абразивности по Бонду, г	0,35	0,28	0,18
CWI – индекс дробимости по Бонду, кВт·ч/т	11,5	11,0	10,5
BWI – индекс шарового измельчения по Бонду, кВт·ч/т·мкм ^{0,5}	18,8	17,9	14,5

По данным результатов исследования физико-механических свойств исследованных проб следует, что крепость проб и величины индексов Бонда увеличиваются от пробы №3 к пробе №1, в значениях от мягких руд к средним, что связано с увеличением содержания кварца в пробе №1 и пробе №2.

Гравитационное обогащение

В гравитационном цикле получение кондиционной свинцовой головки могут обеспечить только концентрационные столы. Концентрационные столы имеют низкую удельную производительность, которая составляет 0,3-0,5 т/м²·ч, что препятствует их применению в качестве единственного обогащительного оборудования, т.к.

требуется установка большого их количества. Из практики эксплуатации концентрационных столов известно, что однократное пропускание материала через концентрационный стол обеспечивает степень концентрации тяжелых минералов 3-4 раза. Цель гравитационного цикла – получить кондиционный концентрат с содержанием свинца не менее 45%. В продукте направляемого на концентрационный стол содержание свинца должно быть не менее 15%. Для получения такого содержания свинца в питании концентрационного стола на машинных классах выполнена отсадка, которая обеспечивает сокращение материала и повышает содержание свинца в концентратных фракциях.

Таблица 6

Баланс металлов гравитационного обогащения окисленных полиметаллических руд

Кесте 6

Гравитациялық байытылған тотыққан полиметалл кендерінің металдар балансы

Table 6

Metal balance of gravity concentration of oxidised polymetallic ores

Наименование	Выход, %			Содержание Pb, %			Извлечение Pb, %		
	Проба №1	Проба №2	Проба №3	Проба №1	Проба №2	Проба №3	Проба №1	Проба №2	Проба №3
Гравитационный концентрат (свинцовая головка)	5,38	6,83	4,48	51,53	47,90	45,14	46,91	48,83	43,96
Хвосты гравитации (питание флотации)	94,62	93,17	95,52	3,32	3,68	2,70	53,09	51,17	56,04
Руда	100,00	100,00	100,00	5,91	6,70	4,60	100,00	100,00	100,00

Схема гравитационного обогащения показана на рисунке 1.

В таблице 6 приведены результаты гравитационного обогащения окисленных проб полиметаллических руд.

При гравитационном обогащении окисленных полиметаллических руд можно получать кондиционные гравитационные концентраты:

- из пробы №1 выходом 5,38% от руды с содержанием свинца 51,53% при извлечении 46,91%;
- из пробы №2 выходом 6,83% от руды с содержанием свинца 47,90% при извлечении 48,83%;
- из пробы №3 выходом 4,48% от руды с содержанием свинца 45,14% при извлечении 43,96%.

Оставшийся свинец в хвостах гравитационного обогащения может быть извлечен флотацией.

Выводы

На основании результатов изучения вещественного состава окисленных полиметаллических руд месторождения Республики Казахстан можно сделать следующие основные выводы:

- в исследованных пробах основными ценными компонентами является свинец и серебро;
- фазовым анализом установлено, что наиболее сложной пробой является проба №1, т.к. в ней 24,15% (отн.) свинца находится в неизвлекаемой гравитацией и флотацией форме в виде пломбоярозита;
- рентгенофазовым анализом исследованных проб установлено, что происходит изменение вещественного состава проб от их степени окисленности, который выражается в усложнении вещественного состава, снижается содержание кварца в пробах №2 и №3 и увеличивается содержание доломитов и кальцитов;
- по данным ситового анализа окисленных проб руд, распределение свинца по крупности неравномерно. В исследуемых пробах №1 и №2 отмечается довольно высокое содержание первичных шламов (-0,04+0,0 мм),



Рис. 1. Схема гравитационного обогащения.

Сурет 1. Гравитациялық байыту схемасы.

Figure 1. Scheme of gravity concentration.

выход которых составил 38,50% проба №1 и 44,70% проба №2;

– по результатам определенных физико-механических свойств исследованных проб следует, что крепость проб и величины индексов Бонда увеличиваются от пробы №3 к пробе №1, в значениях от мягких руд к средним;

– гравитационное обогащение на отсадочных машинах и концентрационном столе исследованных окисленных проб обеспечивает извлечение крупных свободных зерен церуссита в кондиционный гравитационный концентрат на уровне 44-49%, что будет снижать их переизмельчение перед флотационным обогащением и способствовать повышению общего извлечения свинца.

Благодарность

Исследование выполнено при финансовой поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант №BR21881939).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Mütvellioğlu N.A. Обогащение окисленных свинцово-цинковых руд флотацией с использованием различных реагентов и условий испытаний. / Mütvellioğlu N.A., Yekeler M. // Журнал горной науки. 2019. №55. С. 327-332 (на английском языке)
2. Asadi T. Выщелачивание цинка из хвостов свинцово-цинковой флотации сульфатом железа и серной кислотой. / Asadi T., Azizi A., Lee J., Jahani M. // Журнал экологической и химической инженерии. 2017. №5. С. 4769-4775 (на английском языке)
3. Yu A. Технологические минералогические характеристики и оптимизация флотации низкосортной окисленной свинцово-цинковой руды рудника Ланпин. / Yu A., Ding Z., Yuan J., Feng Q., Wen S., Bai S. // Минералы. 2023 Т. 13. №9. С. 1167-1183 (на английском языке)
4. Liu C. Новое понимание влияния хлорида натрия на сульфидизирующую флотацию церуссита. / Liu C., Zhang W.C., Song S.X., Li H.Q., Jiao X.K. // Порошковые технологии. 2019. Т. 344. С. 103-107 (на английском языке)
5. Барменшинова М.Б. Исследование вещественного состава упорных золотосодержащих руд месторождения Актобе. / М.Б. Барменшинова, И.Ю. Мотовилов, Ш.А. Телков, Р.С. Омар. // Комплексное использование минерального сырья. 2024. Т. 331. №4. С. 5-11 (на английском языке)
6. Телков Ш.А. Исследование гравитационно-флотационного обогащения свинцово-цинковых руд месторождения Шалкия. / Ш.А. Телков, М.Б. Барменшинова, И.Ю. Мотовилов, З.С. Абишева. // Обогащение руд. 2021. №6. С. 9-15 (на английском языке)
7. Патент на полезную модель №6020. Способ измельчения труднообогащаемых окварцованных полиметаллических руд с использованием гравитационного обогащения. / Ш.А. Телков, И.Ю. Мотовилов, М.Б. Барменшинова; 2021; Бюлл. №17 (на русском языке)
8. Авдеев А.Н. Оценка коэффициента крепости горных пород косвенными методами. / А.Н. Авдеев, Е.Л. Сосновская, А.Ю. Болотнев. // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2021. №3. С. 28-35 (на русском языке)
9. Умарова И.К. Изучение минералогического состава упорных золотосодержащих руд месторождения Ауминзов. / И.К. Умарова, Д.А. Менгильбаев, Д.Б. Махмарежабов. // Научный прогресс. 2021. Т. 2. №5. С. 199-205 (на русском языке)
10. Федотов П.К. Технология переработки малосульфидной золотокварцевой руды. / П.К. Федотов, А.Е. Сенченко, К.В. Федотов, А.В. Бурдунов, В.Е. Власова. // Вестник Томского политехнического университета. Геоактивы Инжиниринг. 2022 Т. 333. №6. С. 178-189 (на английском языке)
11. Читалов Л.С. Сравнительная оценка методов определения рабочего индекса шарового измельчения Бонда. / Л.С. Читалов, В.В. Львов. // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2021. №1. С. 130-145 (на русском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Mütvellioğlu N.A. Тотыққан қорғасын-мырыш кендерін әртүрлі реагенттер мен сынақ жағдайларын пайдалана отырып флотациямен байыту. / Mütvellioğlu N.A., Yekeler M. // Тау-кен журналы. 2019. №55. Б. 327-332 (ағылышын тілінде)
2. Asadi T. Қорғасын-мырыш флотациясының қалдықтарынан мырышты темір сульфатымен және күкірт қышқылымен шаймалау. / Asadi T., Azizi A., Lee J., Jahani M. // Экологиялық және химиялық инженерия журналы. 2017. №5. Б. 4769-4775 (ағылышын тілінде)
3. Yu A. Ланпин кенішінің төмен сұрыпты тотыққан қорғасын-мырыш кендерінің технологиялық минералогиялық сипаттамалары және флотациясын оңтайландыру. / Yu A., Ding Z., Yuan J., Feng Q., Wen S., Bai S. // Минералдар. 2023 Т. 13. №9. Б. 1167-1183 (ағылышын тілінде)
4. Liu C. Церусситтің сульфидтену флотациясына натрий хлоридінің әсері туралы жаңа түсінік. / Liu C., Zhang W.C., Song S.X., Li H.Q., Jiao X.K. // Ұнтақты технологиялар. 2019. Т. 344. Б. 103-107 (ағылышын тілінде)
5. Барменшинова М.Б. Ақтөбе кен орнының құрамында алтыны бар кендердің заттық құрамын зерттеу. / М.Б. Барменшинова, И.Ю. Мотовилов, Ш.А. Телков, Р.С. Омар. // Минералды шикізатты кешенді пайдалану. 2024. Т. 331. №4. Б. 5-11 (ағылышын тілінде)
6. Телков Ш.А. Шалқия кен орнының қорғасын-мырыш кендерін гравитациялық-флотациялық байытуды зерттеу. / Ш.А. Телков, М.Б. Барменшинова, И.Ю. Мотовилов, З.С. Абишева. // Кендерді байыту. 2021. №6. Б. 9-15 (ағылышын тілінде)
7. Пайдалы модельге патент №6020. Гравитациялық байытуды қолдана отырып, байытылуы қиын окварцталған полиметалл кендерін ұнтақтау әдісі. / Ш.А. Телков, И.Ю. Мотовилов, М.Б. Барменшинова; 2021; Бюлл. №17 (орыс тілінде)

8. Авдеев А.Н. Жанама әдістер арқылы тау жыныстарының беріктік коэффициентін бағалау. / А.Н. Авдеев, Е.Л. Сосоновская, А.Ю. Болотнев. // Жогары оқу орындарының жаңалықтары. Тау-кен журналы. 2021. №3. Б. 28-35 (орыс тілінде)
9. Умарова И.К. Құрамында алтыны бар Ауминзов кен орнының минералогиялық құрамын зерттеу. / И.К. Умарова, Д.А. Менгильбаев, Д.Б. Махмарезжабов. // Ғылыми прогресс. 2021. Т. 2. №5. Б. 199-205 (орыс тілінде)
10. Федотов П.К. Аз сульфидті алтын-кварц кенін өңдеу технологиясы. / П.К. Федотов А.Е. Сенченко, К.В. Федотов, А.В. Бурдунов, В.Е. Власова. // Томск политехникалық университетінің хабаршысы. Геоактивті Инженерия. 2022 Т. 333. №6. Б. 178-189 (ағылышын тілінде)
11. Читалов Л.С. Бондтың шарлы ұнтақтау жұмыс индексін анықтау әдістерін салыстырмалы бағалау. / Л.С. Читалов, В.В. Львов. // Тау-кен ақпараты және аналитикалық бюллетень. 2021. №1. Б. 130-145 (на русском языке)

REFERENCES

1. Mütevellioğlu N.A. Beneficiation of Oxidized Lead-Zinc Ores by Flotation Using Different Chemicals and Test Conditions. / Mütevellioğlu N.A., Yekeler M. // Journal of Mining Science. 2019. №55. P. 327-332 (in English)
2. Asadi T. Leaching of zinc from a lead-zinc flotation tailing sample using ferric sulphate and sulfuric acid media. / Asadi T., Azizi A., Lee J., Jahani M. // Journal of Environmental Chemical Engineering. 2017. №5. P. 4769-4775 (in English)
3. Yu A. Process Mineralogy Characteristics and Flotation Optimization of a Low-Grade Oxidized Lead and Zinc Ore from Lanping Mine. / Yu A., Ding Z., Yuan J., Feng Q., Wen S., Bai S. // Minerals. 2023. Vol. 13. №9. P. 1167-1183 (in English)
4. Liu C. A novel insight of the effect of sodium chloride on the sulfidization flotation of cerussite. / Liu C., Zhang W.C., Song S.X., Li H.Q., Jiao X.K. // Powder Technology. 2019. Vol. 344. P. 103-107 (in English)
5. Barmenshinova M.B. Study of the material composition of refractory gold-bearing ore from the Aktobe deposit. / Barmenshinova M.B., Motovilov I.Yu., Telkov Sh.A., Omar R.S. // Complex Use of Mineral Resources. 2024. Vol. 331. №4. P. 5-11 (in English)
6. Telkov Sh.A. Study of gravity-flotation concentration of lead-zinc ore at the Shalkiya deposit. / Telkov Sh.A., Motovilov I.Yu., Barmenshinova M.B., Abisheva Z.S. // Ore beneficiation. 2021. №6. P. 9-15 (in English)
7. Patent na poleznuyu model' №6020. Sposob izmel'cheniya trudnoobogatimyykh okvartsovannykh polimetallicheskikh rud s ispol'zovaniem gravitatsionnogo obogashcheniya. / Sh.A. Telkov, I.Yu. Motovilov, M.B. Barmenshinova; 2021; Byull. №17 [Patent for utility model No.6020. A method for grinding difficult-to-rich silicified polymetallic ores using gravitational enrichment. / Telkov Sh.A., Motovilov I.Yu., Barmenshinova M.B.; 2021; Bull. №17] (in Russian)
8. Avdeev A.N. Otsenka koeffitsienta kreposti gornyykh porod kosvennymi metodami. / A.N. Avdeev, E.L. Sosonovskaya, A.Yu. Bolotnev. // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal. 2021. №3. S. 28-35 [Avdeev A.N. Estimation of the strength coefficient of rocks using indirect methods. / Avdeev A.N., Sosonovskaya E.L., Bolotnev A.Yu. // News of higher educational institutions. Journal of mining. 2021. №3. P. 28-35] (in Russian)
9. Umarova I.K. Izuchenie mineralogicheskogo sostava upornykh zolotosoderzhashchikh rud mestorozhdeniya Auminzov. / I.K. Umarova, D.A. Mengil'baev, D.B. Makhmarezhabov. // Nauchnyi progress. 2021. Т. 2. №5. S. 199-205 [Umarova I.K., Mengilbaev D.A., Makhmarezhabov D.B. Study of the mineralogical composition of refractory gold ores of the Auminzov deposit. / Umarova I.K., Mengilbaev D.A., Makhmarezhabov D.B. // Scientific Progress. 2021. Vol. 2. №5. P. 199-205] (in Russian)
10. Fedotov P.K. Technology for processing low-sulfide gold-quartz ore. / Fedotov P.K., Senchenko A.E., Fedotov K.V., Burdonov A.E., Vlasova V.E. // Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering. 2022 Vol. 333. №6. P. 178-189 (in English)
11. Chitalov L.S. Sravnitel'naya otsenka metodov opredeleniya rabochego indeksa sharovogo izmel'cheniya Bonda. / L.S. Chitalov, V.V. L'vov. // Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten'. 2021. №1. С. 130-145 [Chitalov L.S. Comparative assessment of methods for determining the working index of Bond ball grinding. / Chitalov L.S., Lvov V.V. // Mining Information and Analytical Bulletin. 2021. №1. P. 130-145] (in Russian)

Сведения об авторах:

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

Барменшинова М.Б., кандидат технических наук, ассоциированный профессор, заведующий кафедрой «Металлургия и обогащение полезных ископаемых», НАО «Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева» (г. Алматы, Казахстан), m.barmenshinova@satbayev.university; <https://orcid.org/0000-0003-0534-2387>

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

Омар Р.С., магистр технических наук, инженер кафедры «Металлургия и обогащение полезных ископаемых», НАО «Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева» (г. Алматы, Казахстан), r.omar@satbayev.university; <https://orcid.org/0000-0002-3269-7549>

Авторлар туралы мәліметтер:

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

Барменшинова М.Б., «Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық зерттеу техникалық университеті» КЕАҚ, «Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту» кафедрасының меңгерушісі, техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор (Алматы қ., Қазақстан)

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

Омар Р.С., «Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық зерттеу техникалық университеті» КЕАҚ, «Металлургия және пайдалы қазбаларды байыту» кафедрасының инженері, техника ғылымдарының магистрі (Алматы қ., Қазақстан)

Information about the authors:

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

Barmenshinova M.B., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of «Metallurgy and mineral processing» NJSC «Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayeva» (Almaty, Kazakhstan)

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

Omar R.S., Master of Technical Sciences, Engineer of the Metallurgy and Mineral Processing Department NJSC «Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayeva» (Almaty, Kazakhstan)

TECH MINING KAZAKHSTAN 2024

ТЕХНОЛОГИИ И ИННОВАЦИИ ДЛЯ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

2-я международная конференция и выставка

4-5 декабря 2024

Астана, Казахстан



16+

www.techmining.ru