

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Satbayev University

Институт металлургии и промышленной инженерии

Кафедра «Металлургия и обогащение полезных ископаемых»

УДК 622.762.764

На правах рукописи

Букпанов Азамат Құсайынұлы

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

На соискание академической степени магистра

Название диссертации

Разработка технологии
переработки свинцово-цинково-
баритовой руды месторождения
Западный

Направление подготовки

7М07223 - Металлургия и
обогащение полезных ископаемых

Научный руководитель:

доктор PhD, ассистент-профессор

И.Ю. Мотовилов Мотовилов И.Ю.

«10» 06 2021 г.

Рецензент:

доктор PhD, старший научный
сотрудник РГП «НЦ КПМС РК»

Б.Н. Суримбаев Суримбаев Б.Н.

«10» 06 2021 г.

Нормоконтроль:

доктор PhD, сениор-лектор
С.Б. Дюсенова Дюсенова С.Б.

«10» 06 2021 г.

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
НАО «КазНТУ им.К.И.Сатпаева»
Институт Металлургии и
Промышленной инженерии

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Заведующая кафедрой МиОПИ,
кандидат технических наук

М.Б. Барменшинова М.Б. Барменшинова

«11» 06 2021 г.

Алматы 2021

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Satbayev University

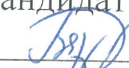
Институт металлургии и промышленной инженерии

Кафедра «Металлургия и обогащение полезных ископаемых»

7M07223- Металлургия и обогащение полезных ископаемых

УТВЕРЖДАЮ

Заведующая кафедрой МиОПИ,
кандидат технических наук

 М.Б. Барменшинова
« 1 » 02 2021 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение магистерской диссертации

Магистранту Букпанов Азамат Құсайынұлы

Тема: Разработка технологии переработки свинцово-цинково-баритовой руды месторождения Западный

Утверждена приказом Ректора Университета №435-м от «03» декабря 2019 г.

Срок сдачи законченной диссертации «10» июня 2021 г.

Исходные данные к магистерской диссертации: окисленная свинцово-цинково-баритовая руда месторождения Западный

Перечень подлежащих разработке в магистерской диссертации вопросов:

- а) исследовать вещественный и минералогический состав руды;
- б) исследовать гранулометрический состав и характер распределения металлов по классам крупности;
- в) исследовать процессы отсадки машинных классов крупности;
- г) исследовать процессы концентрации на столе;
- д) разработать технологическую схему обогащения окисленных свинцово-цинково-баритовых руд с применением гравитационных процессов обогащения.

Перечень графического материала: 15 слайдов

Рекомендуемая основная литература:

1. Митрофанов С.И. Исследование полезных ископаемых на обогатимость. - М.: Госгортехиздат, 1962.
2. Леонов С.Б., Белькова О.Н. Исследование полезных ископаемых на обогатимость. - М.: Интермет инжииринг, 2001.

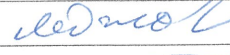
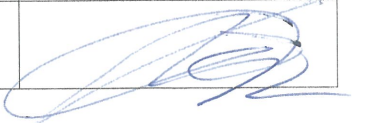
ГРАФИК

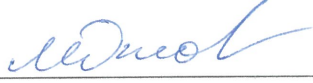
подготовки магистерской диссертации

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки предоставления научному руководителю и консультантам	Примечание
Введение	15.02.2021	выполнено
Аналитический обзор литературы	15.02.2021	выполнено
Методика исследований	20.03.2021	выполнено
Экспериментальная часть	20.04.2021	выполнено
Заключение	20.05.2021	выполнено

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченную магистерскую диссертацию с указанием относящихся к ним разделов диссертации

Наименование раздела	Консультант, Ф.И.О. (уч. степень, звание)	Дата подписания	подпись
Введение	Мотовилов И.Ю. доктор PhD	20.02.2021	
Аналитический обзор литературы		18.02.2021	
Методика исследований		25.03.2021	
Экспериментальная часть		25.04.2021	
Заклучение		25.05.2021	
Нормоконтролер	Дюсенова С.Б. доктор PhD	10.06.21	

Научный руководитель  Мотовилов И.Ю.

Задание принял к исполнению обучающийся  Букпанов А.К

Дата «08» 02 2021 г.

АҢДАТПА

Жұмыста Западный карьерінде ашық кен өндіру әдісімен алынған, тотыққан қорғасын-мырыш-барит кенінің заттық және гранулометриялық құрамы, фракциялық талдау және гравитациялық байыту процессінің зерттеу нәтижелері ұсынылған.

80 мм-ге дейін ұсақталған бастапқы кеннің гранулометриялық құрамы және ірілік кластары бойынша қорғасын, мырыш, барит және күмістің таралу сипаты анықталды.

-80+14 мм және -14+1,5 мм машина сыныптарын тұндыру машиналарында байыту бойынша зерттеулер жүргізілді және ауыр концентратты фракциялар ала отырып, машина сыныптарын байытудың технологиялық көрсеткіштері айқындалды, сондай-ақ жинағыш үстелінде - 1,5+0,0 мм ірілік сыныбын байыту бойынша зерттеулер жүргізілді және байытудың технологиялық көрсеткіштері айқындалды.

Зерттеу нәтижелері негізінде "Западный" карьерін ашық өндірудің тотыққан қорғасын-мырыш-барит кенін байытудың гравитациялық технологиялық сұлба жасалды және осы сұлба бойынша алынған технологиялық көрсеткіштер анықталды.

АННОТАЦИЯ

В работе представлены результаты изучения вещественного и гранулометрического состава, фракционного анализа и исследования гравитационного обогащения окисленной свинцово-цинково-баритовой руды открытой добычи карьера «Западный».

Определен гранулометрический состав исходной руды, дробленной до 80 мм и характер распределения свинца, цинка, барита и серебра по классам крупности.

Выполнены исследования по отсадке машинных классов (-80+14 мм, -14+1,5 мм) и определены технологические показатели обогащения машинных классов с получением тяжелых концентратных фракций, так же выполнены исследования по обогащению класса крупностью -1,5+0,0 мм на концентрационном столе и определены технологические показатели обогащения.

На основании результатов исследований, разработана гравитационная технологическая схема обогащения окисленной свинцово-цинково-баритовой руды открытой добычи карьера «Западный» и определены технологические показатели, получаемые по разработанной технологии.

ABSTRACT

The paper presents the results of studying the material and granulometric composition, fractional analysis and study of the gravitational concentration of oxidized lead-zinc-barite ore of open-pit mine "Zapadny".

The granulometric composition of the original ore, crushed to 80 mm, and the nature of the distribution of lead, zinc, barite and silver by size classes have been determined.

Research was carried out on jigging machine classes ($-80 + 14$ mm, $-14 + 1.5$ mm) and technological indicators of enrichment of machine classes with obtaining heavy concentrate fractions were determined, as well as studies on enrichment of a class with a particle size of $-1.5 + 0.0$ mm on the concentration table and the technological parameters of the concentration were determined.

On the basis of the research results, a gravitational technological scheme for the dressing of oxidized lead-zinc-barite ore of open-pit mine "Zapadny" has been developed and the technological indicators obtained by the developed technology have been determined.

СОДЕРЖАНИЕ

	ВВЕДЕНИЕ	8
1	Аналитический обзор	10
1.1	Промышленные минералы свинца	10
1.2	Основные типы промышленных свинцовых месторождений	11
1.3	Характерные особенности руд цветных металлов	12
1.4	Возможности предварительного обогащения	14
1.5	Методы предварительного обогащения	15
1.6	Технология переработки окисленных свинцовых минералов	18
1.7	Анализ литературного обзора и постановка задач исследований	20
2	Методика исследований	22
2.1	Гранулометрический анализ	22
2.2	Фракционный анализ	22
2.3	Гравитационное обогащение	22
2.4	Выполнение химических анализов	22
3	Экспериментальная часть	23
3.1	Объекты исследований	23
3.2	Минералогический и химический состав руды	24
3.2.1	Минералогическое описание руды	27
3.2.2	Выводы по изучению вещественного состава	32
3.3	Гранулометрический состав пробы руды	32
3.3.1	Гранулометрический состав пробы исходной руды, дробленной до 80 мм	32
3.3.2	Выводы по изучению гранулометрического состава руды	35
3.4	Изучение фракционного состава руды	36
3.4.1	Фракционный состав классов крупностью -80 + 14 мм, -14 + 2,5 мм, -2,5 - 0,63 мм и -0,63 + 0,071 мм	36
3.4.2	Выводы по изучению фракционного состава	39
3.5	Гравитационное обогащение машинных классов	39
3.5.1	Отсадка машинных классов крупностью -80 + 14 мм, -14 + 1,5 мм и концентрация на столе класса -1,5 + 0,0 мм	39
3.5.2	Выводы по обогащению руды с использованием гравитационных процессов	55
3.6	Технологическая схема обогащения свинцово-цинково-баритовой руды окисленного сорта открытой добычи карьера Западный	56
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	58
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	60
	Приложение А – Список опубликованных работ	61

ВВЕДЕНИЕ

Современное состояние научно-технической проблемы.

Жайремское месторождение полиметаллических руд относится к наиболее крупным мировым месторождениям свинца, цинка и барита. Месторождение Жайрем расположено на территории Жана-Аркинского района Карагандинской области в 340 км к юго-западу от г. Караганда и в 10 км к югу от поселка Жайрем. «Жайремский ГОК» – предприятие по добыче и переработке барит-полиметаллических руд на базе Жайремского месторождения. ЖГОК введен в эксплуатацию в 1972 г. для освоения железомарганцевых и барит-полиметаллических месторождений Ушкатын I, Ушкатын III, Жомарт, Западный Жомарт, участок Перстневский и барит-свинцового месторождения Жайрем.

В 1976 г. началась добыча свинцово-цинково-баритовых руд месторождения Жайрем на участках «Западный» и «Дальнезападный». Добытая свинцово-цинково-баритовая руда транспортировалась на расстояние более 1000 км на обогатительные фабрики, расположенные в городах Кентау и Текели. В начале 90-х годов прошлого столетия в связи с повышением транспортных тарифов свинцово-цинково-баритовое производство стало нерентабельным, и с 1993 – 1994 года добыча полиметаллических руд на месторождении Жайрем (карьеры Дальнезападный и Западный) была временно прекращена, а карьеры были законсервированы.

Разработкой технологии обогащения руд Жайремского месторождения занимались Институты Механобр, ВНИИцветмет, Казмеханобр, Руды. Наибольшие трудности возникают при переработке смешанных свинцово-цинковых без-баритовых руд, технологические показатели которых значительно ниже среднеотраслевых. [1].

В последнее время на мировом рынке свинца и цинка сложилась благоприятная рыночная конъюнктура для возобновления добычи и организации собственного обогатительного производства по обогащению полиметаллических руд в условиях Жайремского ГОКа, с дальнейшей металлургической переработкой концентратов на АО «Казцинк».

На Западном участке благодаря ярко выраженной горизонтальной зональности пространственно сменяются, от центра к периферии, следующие природные типы руд: 1) баритовые; 2) свинцово-баритовые; 3) барит-свинцово-цинковые; 4) безбаритовые свинцово-цинковые; 5) бедные цинковые и 6) цинковые окисленные [2].

Также, руды Западного участка делятся на первичные и выветрелые. В количественном соотношении преобладают первичные руды.

Руды Западного участка, при утверждении запасов, были разделены на 3 промышленных типа: баритовые руды с содержанием свинца и цинка менее 0,5 %, свинцово-цинковые первичные, свинцово-цинковые выветрелые.

Основными минералами, определяющими промышленную ценность месторождений, являются сфалерит, галенит, барит.

В связи с этим **актуальной** задачей является проведение исследований по определению гравитационной обогатимости, разработке гравитационной технологии, приемлемой для действующей гравитационной обогатительной фабрики и определение технологических показателей обогащения.

На основании выше изложенного, **целью магистерской диссертации** является определение технологических показателей при гравитационном обогащении окисленной свинцово-цинково-баритовой руды открытой добычи карьера «Западный», крупностью $-80+0,0$ мм в условиях АО ЖГОКа.

Объектом исследования являлась проба окисленной свинцово-цинково-баритовой руды открытой добычи карьера «Западный».

Предмет исследования – Разработка технологии переработки свинцово-цинково-баритовой руды месторождения «Западный».

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие **задачи**:

- Изучить минералогический, вещественный и химический составы исходной окисленной свинцово-цинково-баритовой руды месторождения «Западный».

- Определить гранулометрический состав исходной окисленной свинцово-цинково-баритовой руды месторождения «Западный».

- Выполнить исследования по определению гравитационной обогатимости руды, дробленной до 80 мм с использованием фракционного анализа.

- Выполнить исследования по отсадке машинных классов ($-80 + 14$ мм, $-14 + 1,5$ мм) и определить технологические показатели обогащения машинных классов с получением тяжелых концентратных фракций с различными содержаниями свинца и цинка и оптимальные параметры процессов отсадки.

- Выполнить исследования по обогащению класса крупностью $-1,5 + 0,0$ мм на концентрационном столе и определить технологические показатели обогащения класса $-1,5 + 0,0$ мм.

- На основании результатов исследований, разработать гравитационную технологическую схему обогащения окисленной свинцово-цинково-баритовой руды карьера «Западный» и определить технологические показатели, получаемые по разработанной технологии.

Научная новизна работы. Выполнены исследования по крупнукусковой отсадке окисленной свинцово-цинково-баритовой руды.

Практическая значимость. Разработка гравитационной технологии, приемлемой для действующей гравитационной обогатительной фабрики АО «ЖГОК».

1 Аналитический обзор

1.1 Промышленные минералы свинца

Монометаллических сульфидных свинцовых руд в природе практически нет. В силу условий образования свинцовые руды всегда содержат не только сульфидные, но и окисленные минералы. Медно-свинцовые руды могут быть сульфидными, окисленными и сульфидно-окисленными.[3]

Свинец входит в состав 144 минералов, но только немногие из них имеют промышленное значение, основные минералы приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика основных минералов свинца

Минерал	Формула	Массовая доля свинца, %	Плотность, г/см ³	Твердость
Галенит	PbS	86,6	7,4–7,6	2–3
Церуссит	PbCO ₃	77,5	6,4–6,6	2,5–3,0
Англезит	PbSO ₄	68,3	6,1–6,4	2,5–3,0
Вульфенит	PbMoO ₄	55,8	6,3–7,0	3
Пироморфит	Pb ₅ (PO ₄) ₃ Cl	76,1	6,7–7,1	3,5–4,0

Галенит, или свинцовый блеск, PbS – основной свинцовый минерал во всех промышленных свинецсодержащих рудах. Он имеет структуру галита, в которой атомы серы образуют плотнейшую кубическую упаковку с атомами свинца в октаэдрических междоузлиях. Основными примесями в галените являются: серебро, висмут, кадмий, сурьма, медь, олово, иридий, железо, марганец и цинк. Которые могут значительно изменять его электропроводность и флотационные свойства.

Церуссит PbCO₃ в зоне окисления сульфидных минералов ассоциирует. Содержит в незначительных количествах примеси кальция, цинка, стронция, магния обычно с англезитом и лимонитом.

Англезит PbSO₄ образуется главным образом в зонах окисления свинцово-цинковых сульфидных месторождений, а также гидротермальным путем при взаимодействии рудоносных растворов с поверхностными водами, насыщенными свободным кислородом. Англезит образует обычно плотные зернистые или землистые массы, имеющие цвет от белого до серого, желтого или бурого. Англезит хрупкий и при измельчении легко шламуется.

Пироморфит Pb₅(PO₄)₃Cl кристаллизуется в гексагональной сингонии. Крупных скоплений не образует, встречается в зонах окисления сульфидных месторождений вместе с англезитом, миметизитом, вульфенитом. Цвет от желтого до зеленого и бурого. В качестве примесей

содержит кальций, мышьяк, хром, ванадий. При замещении фосфора в структуре пироморфита мышьяком образуется миметизит $Pb_5(AsO_4)_3Cl$, а ванадием – ванадинит $Pb_5(VO_4)_3Cl$.

Процесс гравитации при обогащении свинцовых руд, несмотря на высокую плотность окисленных свинцовых минералов (5,7–7,6 г/см³), характеризуется крайне низким извлечением свинца. Он может применяться только в комбинированных гравитационно-флотационных схемах при крупной вкрапленности свинцовых минералов, особенно их трудно извлекаемых разновидностей, например железного церуссита, фосфатов, арсенатов или свинцовых ярозитов. При большом содержании таких минералов свинца и минералов «связанной» меди в рудах, наличии в них железных охр, доломитов, соединений марганца и глинистого материала эффективная переработка руд может быть осуществлена только по схемам, предусматривающим комбинирование процессов пирометаллургии и гидрометаллургии с процессом флотации. [4].

1.2 Основные типы промышленных свинцовых месторождений

Месторождения свинец содержащих руд делятся на пять типов: скарновые, метасоматические, колчеданные, стратиморфные и жильные. Две трети всех запасов свинца и цинка находится в месторождениях колчеданного и стратиформного типов.

В скарновых рудах пустая порода представлена скарнообразующими минералами диопсидгранатового состава. Соотношение свинца и цинка в этих рудах обычно составляет 1:1,4. Основные сульфидные минералы – галенит, сфалерит и пирротин. Месторождения этого типа имеют довольно широкое распространение. В СНГ это Алтын-Топканское и Кансайское месторождения, Дальнегорское рудное поле; в Югославии – Трепча; в США – Лоуренс, Бингем; в Японии – Охори, Камиока; в Швеции – Аммаберг.

В рудах метасоматических месторождений соотношение свинца и цинка равно 1:0,8. Запасы этих руд сосредоточены в основном в США (Ледвилл, Тинник, Юрика). Пустая порода в рудах представлена преимущественно кварцем и доломитом, присутствуют кальцит, анкерит и сидерит.

Колчеданные руды отличаются высоким содержанием пирита, реже пирротина, сложностью минерального состава и тонким взаимным проращением минералов. Колчеданные руды, как правило, полиметаллические: они помимо свинца содержат цинк и медь, золото, серебро, кадмий, реже олово и висмут, а также барит, флюорит и пирит, имеющие промышленное значение. Соотношение свинца и цинка в рудах этого типа обычно 1:2,4. Из крупных колчеданных месторождений можно отметить Тишинское, Холоднинское, Орловское, Озерное, Жайремское,

Филизчайское (СНГ); Брокен-Хилл и Маунт Айза (Австралия), Тсумеб (Намибия), Раммельсберг (Германия).

Руды месторождений стратиформного типа отличаются довольно высоким содержанием свинца и цинка при соотношении 1:1. Так, в рудах крупнейшего в Канаде месторождения стратиформного типа Салливан содержится 8,3 % Pb и 6,5 % Zn, в рудах месторождения Бу-Беккер (Марокко) – 6 % Pb и 43 % Zn. Минералы пустой породы в этих рудах обычно представлены кварцем, доломитом, баритом; рудные минералы – галенитом, сфалеритом; в рудах зоны окисления присутствуют англезит, церуссит, смитсонит. К этой группе месторождений в СНГ относятся Горевское и Миргалимсайское. В одном из крупнейших месторождений Канады Пайн-Пойнт запасы свинца составляют 5 млн т, а цинка – 8 млн т при общем запасе руд 53,5 млн т. В США месторождения стратиформного типа расположены в основном в долине р. Миссури. Крупнейшим из них является Три-Стейтс, в котором содержится 20 млн т свинца и 28 млн т цинка.

В месторождениях жильного типа соотношение свинца и цинка составляет 1:1,5. К этому типу месторождений относится Згидское, руды которого перерабатываются на Мизурской фабрике. К этому же типу относятся около 40 месторождений Маданского рудного района, а также месторождение Бингем (США). Основные породообразующие минералы в этих рудах – кварц и кальцит, рудные минералы – галенит и сфалерит.[5]

1.3 Характерные особенности руд цветных металлов

Руды весьма разнообразны и изменчивы по химическому и минеральному составу, характеру вкрапленности и текстурно-структурным особенностям, степени окисленности, обогатимости.

В зависимости от соотношения сульфидных и окисленных минеральных форм основных металлов руды подразделяют на сульфидные, смешанные и окисленные руды. Если основные металлы в полиметаллических рудах более чем на 80 % представлены сульфидными минералами, то руды считаются сульфидными. Если содержание сульфидных фракций основных металлов меньше 50 %, то окисленными рудами. При промежуточных содержаниях сульфидных форм основных металлов руды считаются смешанными. Основная масса (80–85 %) цветных металлов сосредоточена в сульфидных рудах, и сульфидные руды являются основным источником их производства. [6]

Руды цветных металлов обладают рядом характерных особенностей, которые определяют не только выбор технологии их переработки и обогащения, но и технологию разработки месторождений. К основным из них относятся следующие.

1. Комплексность сырья. В рудах цветных металлов, наряду с основными металлами медью, свинцом, цинком, никелем, кобальтом,

молибденом, вольфрамом, висмутом, так же присутствуют золото, серебро, кадмий, индий, селен, теллур, рений, таллий, галлий, редкие земли, сера, барит, флюорит, кварц и другие элементы и минералы. Основная масса (80–85 %) цветных металлов в рудах представлена сульфидными минералами. Благородные металлы и примеси присутствуют в рудах главным образом в виде изоморфных примесей и тонкодисперсных включений в минералы основных и сопутствующих полезных компонентов, таких, как, например, молибденит, барит, пирит и др. Несульфидные минералы представлены оксидами, силикатами, карбонатами, фосфатами и другими породными минералами в различном их соотношении. Существующий уровень технологии переработки и обогащения руд цветных металлов позволяет наладить практически безотходное производство, однако возможность организации его на практике зависит также и от экономических, географических, ведомственных и других факторов, действующих в регионе.

2. Низкое содержание цветных металлов в рудах. Среднее содержание меди в медно-порфировых рудах за рубежом в настоящее время составляет около 0,9 %, в медистых песчаниках – 2 %, в медноколчеданных рудах – 1,4 %. В этих же пределах изменяются средние содержания свинца, никеля и цинка. Содержания сопутствующих металлов при этом оцениваются обычно сотыми и тысячными долями процента.

По содержанию металлов руды условно делят на богатые, бедные и забалансовые (непромышленные), границы, между которыми определяются состоянием техники и технологии обогащения, экономическими интересами и потребностями государства в производстве металлов. Постоянный рост производства и потребления основных цветных металлов (меди, свинца, цинка, никеля) сопровождается непрерывным снижением их содержания в перерабатываемых рудах. Например, в медных рудах США за последние 90 лет среднее содержание меди уменьшилось в 10 раз. В настоящее время составляет около 0,3 % меди в исходной руде.

3. Сложность и изменчивость вещественного состава руд. Руды цветных металлов весьма разнообразны и изменчивы по химическому и минеральному составу, характеру вкрапленности и текстурно-структурным особенностям, степени окисленности, крепости, дробимости, измельчаемости, обогатимости.

С увеличением степени окисления руд ухудшается их обогатимость. Причины: возрастающая сложность минерального состава руд; окисление поверхности; активация и взаимоактивация имеющихся сульфидов; многообразие и худшая флотуемость (по сравнению с сульфидами) окисленных минералов; тесная связь окисленных минералов цветных металлов с минералами пустой породы и между собой; резкое возрастание в рудах содержания охристо-глинистых шламов, растворимых солей и непостоянство вещественного состава руд.

Различные сочетания свойств руд создают большое многообразие их типов и разновидностей, отличающихся между собой важными

технологическими свойствами по отношению к процессам дробления, измельчения, обогащения и др. Поэтому технологические типы и сорта руд на каждой обогатительной фабрике определяют по результатам специально проведенных технологических испытаний.

4. Сложные горно-геологические условия залегания в недрах рудных месторождений. Месторождения цветных металлов обычно отличаются сравнительно небольшими запасами, особой сложностью морфологии и разобщенностью рудных тел, весьма крепкими рудами и вмещающими породами, предопределяющими большую трудоемкость при их разработке. Разнообразие наблюдаемых при этом структур и текстур сопровождается резкими изменениями физико-механических свойств руды. Разработка месторождений осложняется необходимостью выдачи руд по технологическим сортам. Промышленные типы руд выделяются по содержанию в них основных и сопутствующих компонентов, а также по форме рудных тел и генезису.

5. Тонкая дисперсная связь ценных компонентов с вмещающими горными породами и между собой. Различный характер минерализации перерабатываемых руд требует разработки более совершенной технологии рудоподготовки, применения более сложных стадийных схем обогащения. Оптимальную конечную и промежуточную (по стадиям) крупность измельчения выбирают на основании зависимости показателей обогащения от крупности измельчения руды. Условно различают крупное (45–55 %, т.е. – 0,074 мм), среднее (55–85 %) и тонкое (более 85 %) измельчение. [7]

1.4 Возможности предварительного обогащения

Предварительное обогащение позволяет резко сократить капитальные и эксплуатационные расходы, что важно при постоянном снижении качества руды и росте потребностей народного хозяйства в металлах.

Использование предварительной концентрации дает возможность:

1) отделить до 25–80 % породы из крупнодробленой руды и за счет этого сократить удельные затраты на измельчение, флотацию, расширить сырьевую базу, вовлекая в переработку забалансовые руды, и резко снизить стоимость добычи руды применением более производительных систем обработки, связанных со значительным разубоживанием руд;

2) выделить (иногда) уже на предварительной стадии обогащения и вывести из процесса часть материала в виде готовой продукции. Легкая фракция на Зыряновской фабрике пригодна для изготовления бетона, асфальтобетона, в качестве железнодорожного балласта, для закладки горных выработок;

3) разделить руды по сортам, усреднить. Раздельная переработка руд всегда эффективна. Разделение руд Талнаха на сплошные и вкрапленные позволило повысить извлечение платины на 45 %. [8]

Особенно целесообразно применение предварительной концентрации руд в следующих случаях: при очень малой стоимости забалансовых руд; использовании систем массового обрушения, сопровождающегося значительным разубоживанием; высокой стоимости обогащения; увеличении производительности рудника и ограниченной мощности обогатительных фабрик; эксплуатации месторождений, сложенных маломощными рудными телами сложной конфигурации, перемежающихся прослойками пустой породы.

Экономические последствия предварительной концентрации заключаются в следующем: увеличение производительности фабрики по сырой руде (в операциях рудоподготовки) с сохранением производительности цехов измельчения и традиционного обогащения за счет сброса крупнокусковых хвостов, что приводит к увеличению объемов производимых фабрикой концентратов и стоимости реализуемой продукции; повышение качества концентратов, что увеличивает стоимость готовой продукции; снижение общих эксплуатационных расходов за счет уменьшения расходов электроэнергии, материалов, реагентов при последующем обогащении; сокращение капитальных затрат на измельчение из-за более длительного срока службы оборудования, уменьшения числа мельниц; снижение транспортных расходов на перевозку руды; возможность реализации новой товарной продукции – щебня; уменьшение затрат на хвостохранилища, поскольку складирование кусковых хвостов дешевле хранения измельченных хвостов глубокого обогащения. [9]

1.5 Методы предварительного обогащения

К методам предварительной концентрации относятся обогащение в тяжелых суспензиях, отсадочных машинах, промывка и радиометрическая сепарация. [10]

Сущность процесса обогащения в тяжелых суспензиях заключается в разделении рудного сырья по плотности в гравитационном или центробежном поле в суспензии. Имеющей промежуточную плотность между тяжелой и легкой фракциями. В качестве утяжелителей используют пирит, барит, пирротин, галенит, магнетит, ферросилиций и галенит. Наиболее распространен ферросилиций. Однако крупность гранулированного ферросилиция обычно не позволяет получить кинетически устойчивую суспензию без стабилизирующих добавок. Хорошими стабилизаторами, регулирующими добавками являются магнетитовый и пирротинный концентраты. Их применение (до 60 %) в смеси с гранулированным ферросилицием дает возможность получить устойчивую суспензию с хорошими реологическими свойствами и снизить на 35–40 % расходы на утяжелитель.

Способ регенерации утяжелителя зависит от его природы. Ферросилиций, магнетит, пирротин регенерируются магнитной сепарацией. Общие потери утяжелителей составляют 100–750 г/т, в том числе с продуктами обогащения – 30–600 г/т, с хвостами регенерации – 40–80 г/т и механические – 30–70 г/т

Обогащение в тяжелых средах состоит из следующих операций: подготовки руды, ее разделения в суспензии на фракции различной плотности, дренажа рабочей суспензии и отмывки продуктов разделения, регенерации. В процессе подготовки руду дробят до крупности, при которой происходит освобождение основной массы пустой породы (обычно -100 + 25 мм). Дробленую руду подвергают грохочению и промывке для удаления шламов и мелких фракций (классов), так как обогащение мелких классов этим способом менее эффективно, чем обогащение крупных. Нижний предел крупности чаще всего принимают равным 4–6 мм. Разделение руды проводят в конусных, колесных и барабанных сепараторах. Для обогащения мелких классов используют тяжелосредные гидроциклоны и центрифуги.

Основные преимущества предконцентрации руд в тяжелых суспензиях обусловлены: возможностью эффективно перерабатывать большие объемы минерального сырья (до 600–1 000 т/ч) широкого диапазона крупности (от 300 до 2 мм) с разделением его на продукты при незначительной разности в плотности разделяемых минералов (с точностью ± 3 кг/м³); невысокими капитальными затратами и эксплуатационными расходами, обусловленными незначительным расходом электроэнергии, воды, утяжелителя и небольшим штатом обслуживающего персонала; легкостью автоматизации технологического процесса.

Отличительная особенность обогащения руд в тяжелых суспензиях – высокая точность разделения в сепараторах, сравнительно простых по конструктивному оформлению и технологическому обслуживанию.

Конкурирующим и параллельно развивающимся методом предварительной концентрации руд является отсадка, поскольку она лишена таких недостатков, свойственных процессу обогащения в тяжелых суспензиях, как капитальные затраты на строительство цехов, отмывка материала от глинистых частиц и невозможность увеличения плотности суспензий выше 3 200 кг/м с хорошими реологическими свойствами. Однако точность разделения и выход легкой фракции при использовании отсадки меньше. Поэтому эффективность ее применения для предварительной концентрации руд уменьшается с повышением стоимости последующего их обогащения. [11]

Предварительная классификация с использованием отсадки чаще осуществляется на золотоперерабатывающих предприятиях. В Канаде на фабрике «Афтон» предусмотрено удаление методом отсадки самородной меди, на фабрике «Атика», перерабатывающей неметаллические руды, отсадочные машины применяют для улавливания самородного серебра и сульфидов. В СНГ усилия направлены на создание технологий обогащения с

помощью предварительной отсадки крупнокусковых руд цветных металлов. Этот процесс предназначен для расширения сырьевой базы путем вовлечения в переработку бедных и забалансовых руд. Отсадка используется как коллективная операция. Применение разработанных режимов отсадки позволило обеспечить разделение полиметаллической крупнокусковой широко классифицированной руды в диапазоне от 70 (50) до 5 (2) мм, выделить отвальные хвосты от 20 до 60 % руды с массовой долей металлов ниже, чем в хвостах флотации, получить кондиционные крупнокусковые концентраты, например, баритовый, применяемый в нефте- и газодобывающей промышленности. Крупнокусковая отсадка осуществляется на отсадочных машинах параметрического ряда МО. [12]

Предварительная промывка руд предназначена для удаления шламов в отвал либо их выделения для переработки по специальной технологии. Наиболее широкое распространение промывка нашла на обогатительных фабриках Японии, перерабатывающих руды с 30–40 %-м содержанием первичных шламов. Она применяется на канадских фабриках: медно-цинковой – «Британия», медно-никелевой – «Селеви-Пиква». Ее осуществляют на грохотах, скрубберах, бутарах. В СНГ промывка внедрена на Белоусовской и Золото-тушинской обогатительных фабриках. Для выделения глини используют мокрое грохочение и последующую классификацию в гидроциклонах. [13]

Комбинированные схемы обогащения руд в тяжелых суспензиях с использованием отсадки для предконцентрации мелких классов применяют в Великобритании и Франции.

Для автоматической сортировки созданы высокопроизводительные сепараторы (фирм «Радос», Россия, «Гансонс Сортекс», Великобритания, «Ор Сортиер», США и др.), использующие различие в цвете, блеске, электропроводности, естественной и наведенной радиоактивности разделяемых минералов, способности ослаблять радиоактивное излучение и отражать электромагнитные волны различной длины.

Так, сепараторы фирмы «Ор Сортиер», использующие различие в электропроводности минералов и позволяющие обрабатывать материал крупностью 20–250 мм с производительностью 20–350 т/ч, применяют для выделения самородной меди (в Канаде и Австралии) и обогащения медно-никелевых руд крупностью 90–200 мм при извлечении 97,9 % Ni и 97,5 % Cu (в Канаде).

В Австралии на радиометрической установке «Ор Сортиер» осуществляют предконцентрацию сульфидных полиметаллических руд крупностью –76+19 мм. Обеспечивая извлечение в концентрат, %: 94,2–97,2 Pb; 92,8–97,9 Zn; 86,8–88,4 Cu; 95,3–97,6 Ag и 95,2 Au при выходе концентрата 36,5–50,5 %. Аналогичную установку используют в Австралии для предконцентрации медно-серебряных руд крупностью –203+9 мм с извлечением 98,9 % Cu, 98 % Ag. Для отделения малахита от известняка при предконцентрации окисленных медных руд крупностью –12,7+6,4 мм

используют сепаратор «Сортекс 621 М», обеспечивающий извлечение 82,8 % Cu.

Появление рентгенорадиометрической сепарации, относящейся к экологически чистым и низко затратным технологиям, способствует более широкому применению метода автоматической рудосортировки при обогащении различных типов руд. [14]

1.6 Технология переработки окисленных свинцовых минералов

Технология обогащения свинцовых сульфидных руд определяется крупностью вкрапленности, равномерностью распределения, флотационной активностью галенита и наличием пирита.

Комбинированный гравитационно-флотационный процесс обогащения применяется для руд с крупной вкрапленностью галенита, основная масса которого выделяется в начале процесса с помощью тяжелых суспензий или отсадки.

Комбинированный процесс применяется не только для чисто свинцовых, но и свинцово-цинковых и полиметаллических руд.

Этот метод позволяет:

- во-первых, в начале процесса удалить до 30-40% легкой фракции с отвальным содержанием металлов и этим самым повысить производительность флотационного отделения;
- во-вторых, значительно снизить переизмельчение галенита;
- в-третьих, повысить содержание металлов руде, направляемой на флотацию. [15]

Наиболее целесообразный метод извлечения окисленных минералов свинца – их флотация после предварительной сульфидизации. Наблюдаемые при этом закономерности в значительной мере близки закономерностям флотации данных минералов при обогащении свинцовых и свинцово-медных руд. Лучшие результаты при флотации сильножелезистых руд получают при подаче 35–45 % сернистого натрия в измельчение и 65–55 % – в основную флотацию. При очень большом содержании в руде гидроксидов не только железа, но и марганца (как, например, в окисленных рудах месторождений «Маджарово», «КенЧаку», «Гульшадское» и др.) основную часть сульфидизатора (до 90 %) необходимо подавать в измельчение.

При флотации маложелезистых окисленных и смешанных руд более целесообразной является обычно не единовременная, а дробная подача сульфидизатора и собирателя. В этом случае, если свинец представлен легкофлотируемыми минералами, сульфидизатор подается непосредственно в камеры флотационных машин, если труднофлотируемыми, – в контактные чаны, устанавливаемые по фронту флотации, как, например, на фабрике «Сартори».

Весьма важным условием эффективного извлечения окисленных свинцовых минералов при флотации является поддержание рН в пределах 9,2–9,8 содой, сернистым натрием и жидким стеклом. При этих значениях рН обеспечивается: наиболее высокая скорость сульфидизации и флотации сульфидизированных свинцовых минералов при наименьшем расходе сернистого натрия; наиболее успешное подавление флотоактивных силикатов породы при подаче карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ), жидкого стекла или гексаметафосфата. Так, применение КМЦ в цикле основной окисленной свинцовой флотации при обогащении окисленных и смешанных руд с большим содержанием серицито-хлоритовых сланцев позволяет повысить содержание свинца в окисленных свинцовых концентратах на 7–12 %. Расход КМЦ в условиях Зырянской обогатительной фабрики при этом составляет 300–500 г/т; наиболее эффективная нейтрализация вредного действия растворимых солей. Применение для этих целей сульфата аммония на нерчинских фабриках позволяет повысить извлечение свинца из руд на 3–8 % при улучшении или сохранении качества концентратов и в ряде случаев сократить до 50 % расход сульфидизатора. Чем больше в руде карбонатов кальция, магния, растворимых солей и выше содержание церуссита, тем значительнее эффект от применения сульфата аммония. Причем единовременная подача его в процесс основной флотации почти всегда предпочтительнее дробной. Применение сульфата аммония в цикле свинцовой флотации практически не влияет на результаты последующей цинковой флотации. [16]

Руды, отличающиеся значительным содержанием в них пироморфита, плюмбоярозита, миметизита, англезита и небольшим содержанием церуссита и галенита (например, перерабатываемые на фабриках «Кличкинская», «Сартори» и др.), обогащаются с получением довольно низких технологических показателей. Так, извлечение свинца на фабрике «Сартори» в концентрат не превышает 40 %, содержащий 45 % Pb и 200–300 г/т Ag. Наиболее высокое извлечение свинца, например, при флотации окисленных руд месторождений «Маджарово» и «Устрем» получается при использовании гептилового, октилового или гексилового ксантогенатов. Одновременно возрастает извлечение золота и серебра в свинцовый концентрат. Применение высших ксантогенатов ИМ-68 и ИМ-79 в качестве собирателей позволило получить из нерчинских руд сложного состава концентраты, содержащие 40–43 % Pb, который на 85–88 % представлен ранее не извлекаемыми минералами типа миметизита. При этом извлечение свинца в концентрат практически равно максимально возможному извлечению, определенному при изучении вещественного состава руд.

В ряде случаев целесообразно к основному собирателю добавлять аэрофлот, меркаптобензотиозол и другие реагенты для повышения извлечения свинца, благородных металлов и улучшения селективности процесса и пенообразователя. Применение реагента Р-10 (типа меркаптана)

обеспечило, например, получение устойчивых технологических показателей по извлечению окисленных минералов свинца на фабрике «Межица».

На фабрике «Сартори» предпочтительнее оказалась смесь дитиофосфатов с тиокарбонилидом. Ее применение обеспечило удовлетворительные гидрофобизацию сульфидизированных свинцовых минералов и пенообразование при их флотации, сокращение потерь окисленных минералов цинка в свинцовом концентрате, резко возрастающих при использовании ксантогенатов с большей длиной углеводородной цепи, чем у этилового ксантогената. [17]

В некоторых случаях (если порода представлена в основном силикатами) целесообразно использование смеси жирных кислот и высших ксантогенатов. Извлечение свинца в концентрат (при использовании такой смеси в качестве собирателя) из труднообогатимых окисленных руд Болгарии, в которых свинец на 80–85 % представлен минералами типа пироморфита, составило 86–87 %.

Основная причина потерь свободных окисленных свинцовых минералов в хвостах флотации, большие отклонения концентрации сульфидных и ксантогенатных ионов от оптимальной, из-за резких изменений вещественного состава перерабатываемых руд. Оптимальные условия ведения процесса сульфидизации и флотации различных окисленных свинцовых минералов из руд могут быть обеспечены при осуществлении на фабрике системы автоматизации. [18]

Повысить качество окисленных свинцовых концентратов, загрязненных пиритом, можно перефлотацией их в кислой среде ($\text{pH} = 1,5\text{--}2,0$) без собирателя и пенообразователя. Решить данную проблему применением гидроциклонов для удаления пирита в песковую фракцию обычно не удастся из-за значительных потерь свинца с пиритным продуктом.

1.7 Анализ литературного обзора и постановка задач исследований

Проведенный анализ литературного обзора позволил сделать следующие выводы:

- широкое применение получили два метода предобогащения свинцовых и свинцово-цинковых руд – обогащение в тяжелых суспензиях и рентгено-флуоресцентный метод, которые позволяют выделять до 40 % легкой фракции с отвальным содержанием металлов. Однако для применения данных методов предконцентрации исходное сырье должно отвечать следующим требованиям:

1. дробленые руды должны содержать минимальное количество шламов;

2. эффективное обогащение достигается при нижнем пределе крупности более 8 мм.

Выбранный нами объект исследования, окисленная свинцово-цинково-баритовая руда, карьера «Западный», не отвечает выше перечисленным параметрам, а именно:

1. В пробе руды рудные минералы представлены глобулярным пиритом, сфалеритом, галенитом. Зерна рудных минералов измеряются тысячными и сотыми долями миллиметра.

2. Количество класса крупностью 1,5 – 0 мм, составляет большую часть 59,75 %.

На основании выше изложенного, целью магистерской диссертации является исследование гравитационной обогатимости окисленных свинцово-цинково-баритовых руд и разработка оптимальной гравитационной технологии их переработки с использованием процессов отсадки, концентрации на столе.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- исследовать вещественный и минералогический состав руды;
- исследовать гранулометрический состав и характер распределения металлов по классам крупности;
- исследовать процессы отсадки машинных классов крупности;
- исследовать процессы концентрации на столе;
- разработать технологическую схему обогащения окисленных свинцово-цинково-баритовых руд с применением гравитационных процессов обогащения.

2 Методика исследований

2.1 Гранулометрический анализ руды

Для определения гранулометрического состава руды использовался набор сит КСМ (ГОСТ 9758-86) с размерами отверстий, мм: 80, 40, 20, 14, 10, 5, 2,5, 1,5, 1,25, 0,63, 0,315, 0,16, 0,10 и 0,071.[19, 20].

2.2 Фракционный анализ

Определение теоретически возможных показателей гравитационного обогащения различных классов крупности осуществлялось путем их расслоения в растворах тяжелых жидкостей «М – 45» на фракции плотностью: более 3000 кг/м^3 , $3000 - 2750 \text{ кг/м}^3$ и менее 2750 кг/м^3 . Полученные фракции плотности отмывались от растворов тяжелой жидкости, высушивались, взвешивались, дробились и измельчались для отбора проб на химический анализ.

2.3 Гравитационное обогащение

Обогащение машинных классов крупностью $-80 + 14 \text{ мм}$ и $-14 + 1,5 \text{ мм}$ использовался лабораторный пульсатор с пневматическим приводом. Частота пульсаций $80 - 100$ колебаний в минуту, амплитуда колебаний $80 - 100 \text{ мм}$, цикл пульсаций синусоидальный ($50 - 0 - 50$), диаметр камеры 350 мм , высота естественной постели 250 мм , расход подрешетной воды $4 - 7 \text{ м}^3/\text{т}$ и удельная нагрузка $12 \text{ т/ч} \cdot \text{м}^2$. [21]

Обогащения класса крупностью $-1,5 + 0,0 \text{ мм}$ использовался лабораторный концентрационный стол типа СК-1,0.

2.4 Выполнение химических анализов

Выполнение химических анализов осуществлялось в специализированной и аттестованной физико-аналитической лаборатории РГП «НЦ КПМС РК». Свидетельство № 35/16 от 07. 07. 2016 г., Алматинский филиал АО «Национальный центр экспертизы и сертификации». Выполнение рентгенофазовых и минералогических анализов исходной руды осуществлялось в ТОО «Институт геологических наук им. К.И. Сатпаева».

3 Экспериментальная часть

3.1 Объект исследований

Исследования проводились на пробе окисленной Pb – Zn - BaSO₄ руды карьера «Западный». Исследуемая проба руды была представлена кусковым материалом с максимальной крупностью отдельных кусков руды 100 - 130 мм. Вес пробы составил 560 кг. Схема разделки исследуемой пробы представлена на рисунке 1.

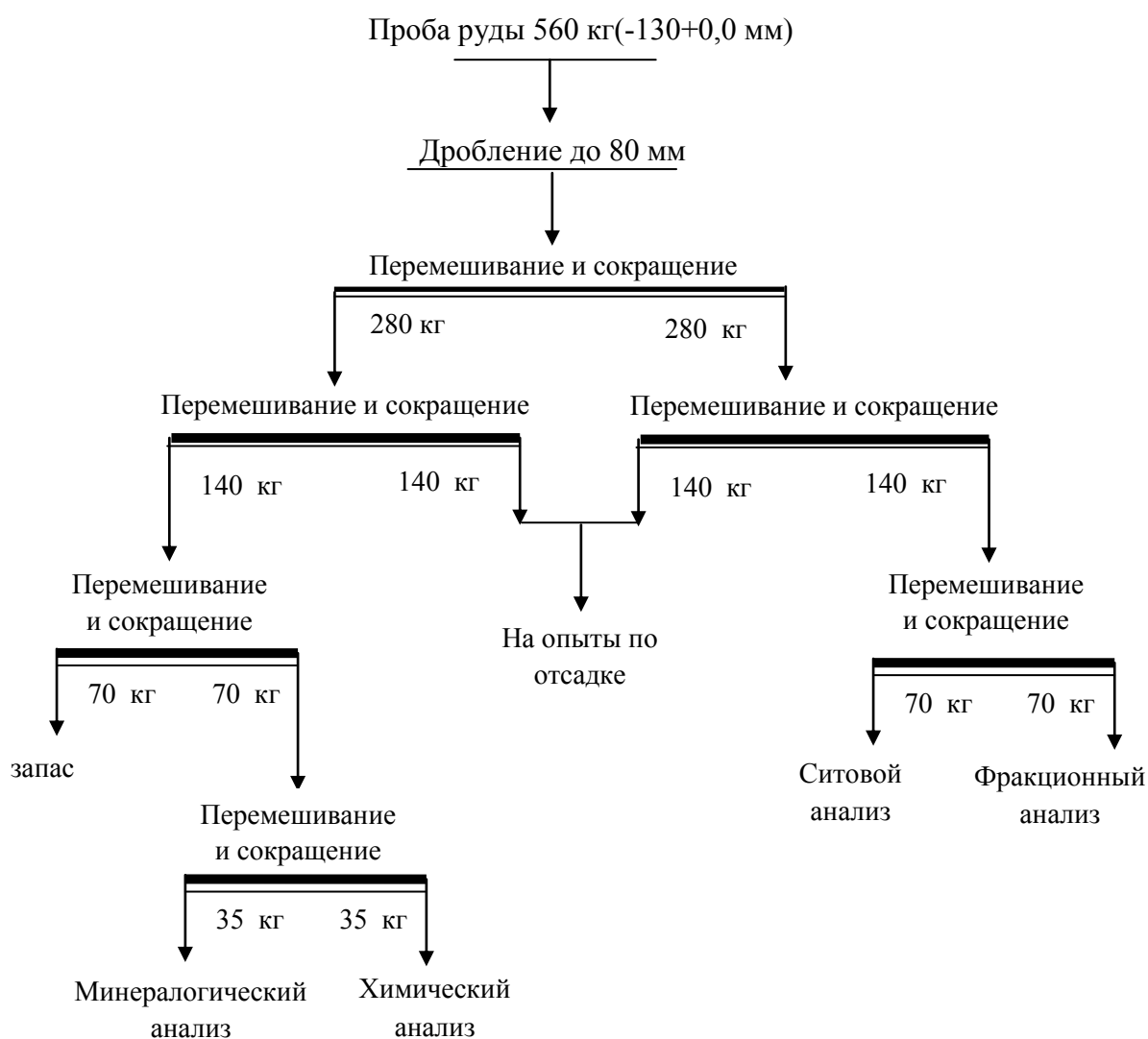


Рисунок 1 – Схема разделки пробы Pb-Zn-BaSO₄ руды месторождения Жайрем карьера Западный

3.2 Минералогический и химический состав руды

Минералогические исследования выполнены на пробе представляющей свинцово-цинково-баритовую руду месторождения «Западный». Для изучения минерального состава руды под микроскопом было изготовлено 5 аншлифов из различных типов образцов. Исследование проводилось на поляризационном микроскопе Leica DM 2500 M в отраженном свете, и на бинокулярной лупе, с последующим фотографированием.

Для более детального изучения минерального состава руды выполнен рентгено-дифрактометрический анализ, рисунок 2.

Рентгено-дифрактометрический анализ проведен на автоматизированном дифрактометре ДРОН-3 с $CuK\alpha$ – излучением, β -фильтр. Условия съемки дифрактограмм: $U=35$ кВ; $I=20$ мА; съемка θ - 2θ ; детектор 2 град/мин.

Рентгено-фазовый анализ на полуколичественной основе выполнен по дифрактограммам порошковых проб с применением метода равных навесок и искусственных смесей. Определялись количественные соотношения кристаллических фаз.

Интерпретация дифрактограмм проводилась с использованием данных картотеки ICDD: база порошковых дифрактометрических данных PDF2 (Powder Diffraction File) и дифрактограмм чистых от примесей минералов. Возможные примеси, идентификация которых не может быть однозначной из-за малых содержаний и присутствия только 1 - 2 дифракционных рефлексов, указаны в таблице 2.

Таблица 2 - Межплоскостные расстояния и фазовый состав пробы

d, Å	I %	минерал	d, Å	I %	минерал
10.00308	5.9	слюда	2.42290	6.4	-
7.17468	4.8	каолинит	2.28125	9.3	-
4.97948	5.4	-	2.23664	6.2	-
4.48838	5.2	-	2.21208	6.1	-
4.25893	24.7	кварц	2.12785	8.9	-
3.70842	4.9	-	2.09964	4.7	-
3.58372	6.7	-	1.98049	6.3	-
3.49068	4.6	-	1.91484	6.5	-
3.43368	5.8	барит, галенит	1.81821	13.5	-
3.43395	7.1	-	1.78898	3.3	-
3.34375	100.0	кварц	1.67090	5.4	-
3.12671	10.2	сфалерит	1.65966	4.1	-
2.97051	7.6	галенит	1.63363	7.9	-
2.71003	9.1	пирит	1.54147	10.0	-
2.56413	5.2	-	1.50350	4.2	-
2.52209	4.0	-	1.44808	4.4	-
2.45644	11.6	-	-	-	-

Таблица 3 - Результаты полуколичественного рентгенофазового анализа

Минерал	Формула	Концентрация, %
Кварц	SiO_2	58,7
Каолинит	$\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$	23,1
Пирит	FeS_2	8,6
Сфалерит	ZnS	6,6
Слюда	$\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$	1,8
Барит	BaSO_4	1,5
Галенит	PbS	1,1

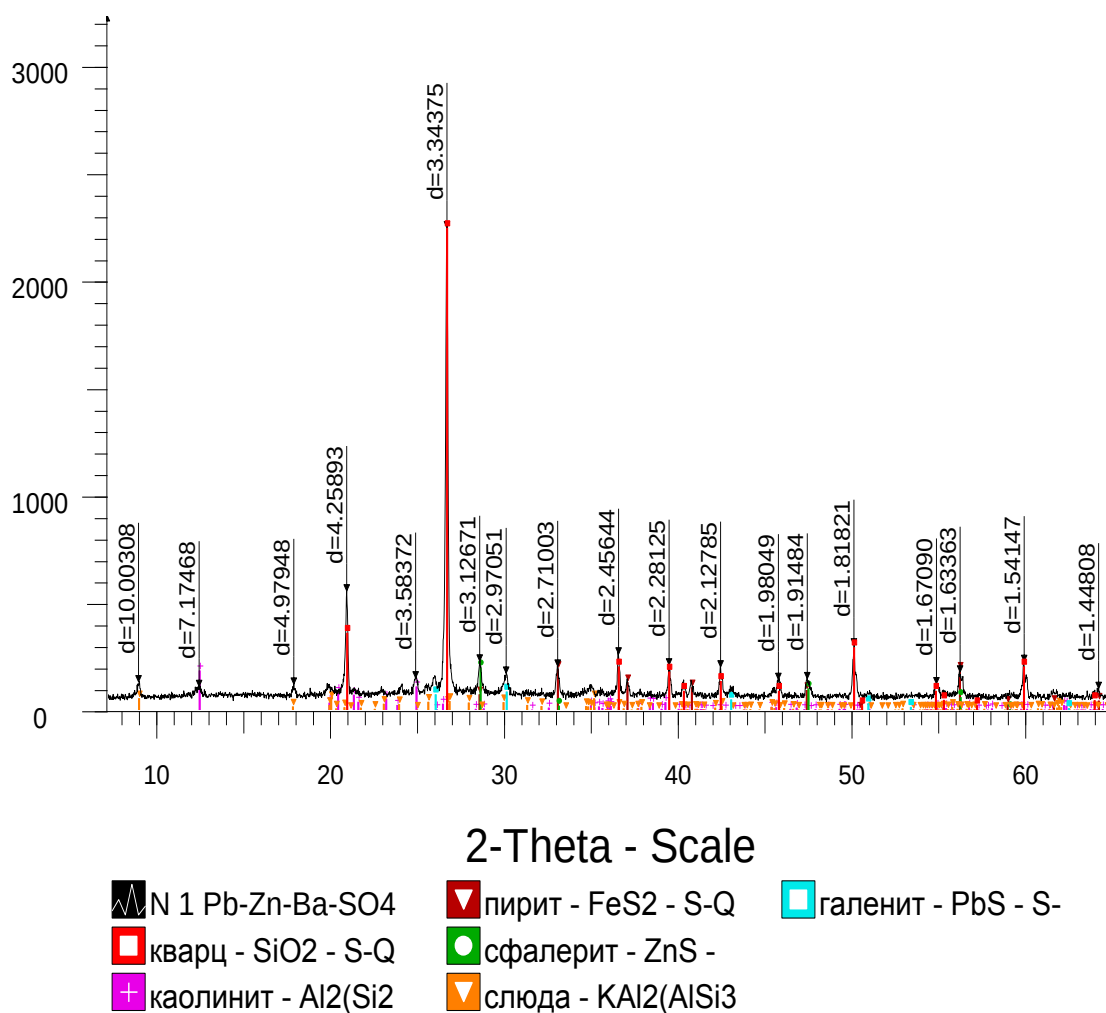


Рисунок 2 – Дифрактограмма образца свинцово-цинково-баритовой руды

Для изучения элементов примесей выполнен полуколичественный атомно - эмиссионный спектральный анализ на 48 элементов, таблица 4.

Таблица 4 – Результаты атомно-эмиссионного полуколичественного спектрального анализа

Элемент	Концентрация, %	Элемент	Концентрация, %
Au	<0,0002	Ni	0,003
Ag	0,00015	Mo	0,0015
Al	>1,0	V	0,007
Si	>>1,0	Ga	0,001
Fe	>>1,0	Ge	0,001
K	<1,0	Sr	0,02
Mg	0,2	Bi	<0,0002
Na	0,02	Nb	0,001
Mn	0,02	Cd	0,01
Ti	0,3	Te	<0,002
Ca	0,3	Tl	<0,0005
Cu	0,003	Hg	<0,003
Zn	≤1,0	Y	0,002
Sn	0,0003	Yb	0,0001
Cr	0,003	Be	0,0002
W	<0,002	Ba	≤1,0
Pb	≤1,0	Ce	0,007
As	0,05	La	0,005
Sb	0,007	Co	0,002
Sc	0,0005	Zr	0,01
Li	0,002	In	<0,0005
P	0,07	Ta	<0,01
Pd	<0,0002	Re	<0,0003
Pt	<0,001	Os	<0,001

Результаты рентгено-флуоресцентного анализа исходной руды приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты рентгено-флуоресцентного анализа

Элемент	Содержание, %	Элемент	Содержание, %
O	48,776	Fe	4,507
Mg	0,313	Cu	0,006
Al	4,964	Zn	1,381
Si	31,361	As	0,044
S	2,751	Sr	0,005
K	0,748	Zr	0,007
Ca	0,094	Cd	0,017
Ti	0,191	Ba	0,503
Mn	0,007	Pb	1,417

Содержание основных элементов в исходной руде приведена в таблице 6.

Таблица 6 – Химический состав основных элементов в исходной руде

Массовая доля элементов, %			
Pb	Zn	BaSO ₄	Ag, г/т
1,76	1,62	1,54	9,33

По результатам химического анализа, содержания в пробе руды поступившей на исследование составили: свинца 1,76 %, цинка 1,62 %, барита 1,54 %, серебра 9,33 г/т.

3.2.1 Минералогическое описание руды

Проба представлена в основном кусочками углисто-глинисто-кремнисто-карбонатной породы темно-серого цвета с тонкозернистой структурой и полосчато-слоистой текстурой. Прослои состоят из тонкой вкрапленности сульфидов, из которых визуально наблюдается лишь пирит. Часть кусочков представлена карбонатно-глинистой рыхлой породой светло-желтовато-бурого, серовато-коричневого цвета, выветрелой, с корочками гидроокислов железа, рисунок 3.



Рисунок 3 – Бедная барит-свинцово-цинковая руда класс 40,0 мм

Анилиф 1/18

Макро: углисто-кремнисто-известковистая порода темно-серого цвета с густой вкрапленностью пирита. Плотная, массивная.

Микро: пирит-сфалеритовая руда, текстура микрослоистая, структура гипидиоморфнозернистая, интерстициальная. Наблюдается тонкое чередование микрослоев глобулярного пирита и сфалерита с карбонатно-углистыми включениями.

Минеральный состав:

1. Рудные минералы - пирит, сфалерит, галенит, барит;
2. Нерудные минералы – кварц, слюда, каолинит.

Основной рудный минерал пирит, составляет около 60 % (от площади аншлифа), явно преобладает над другими сульфидами. Он представлен глобулярными образованиями, размером менее 0,007 мм до 0,035 мм, рисунок 4 а,б. В глобулях размером 0,07 мм можно увидеть, что они сложены идиоморфными зернами пирита. По данным Н.М. Митряевой, (1979г.) в отдельно взятой глобуле все ее зерна имеют одинаковый размер, но в разных глобулях величина зерен разная. Пространство между зернами в глобулях выполнено цементирующей массой, представленной тонкодисперсным дисульфидом железа.

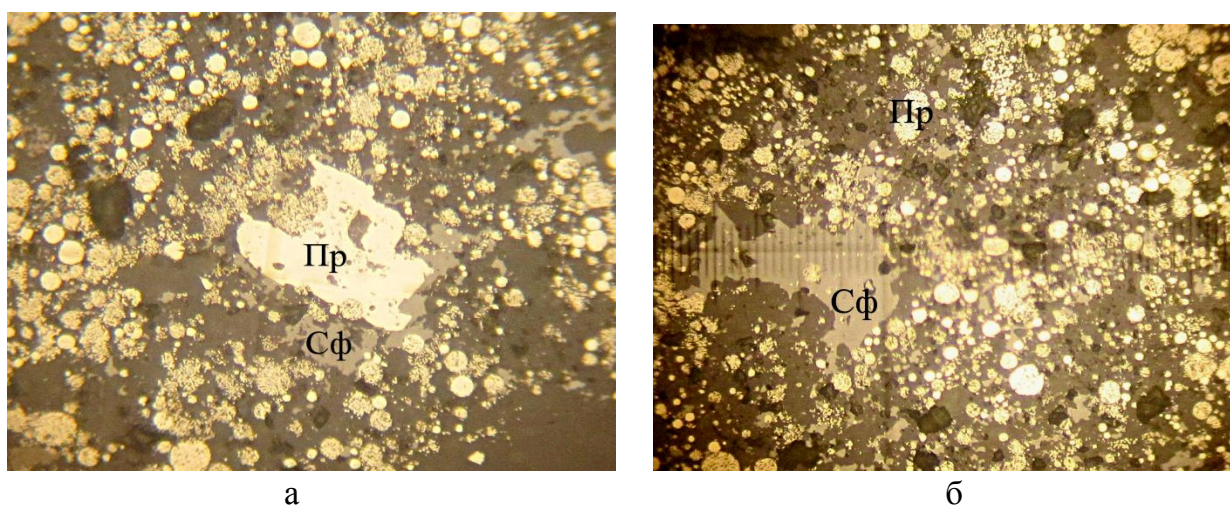


Рисунок 4 – а) тонкослоистая пирит сфалеритовая руда, б) то же , 1 деление шкалы равно 0,007 мм, аншлиф 1/18, ув.160;

В прослоях вместе с глобулярным пиритом наблюдаются включения кристаллически-зернистых агрегатов и отдельные метакристаллов, размером до 0,14 мм в сростании со сфалеритом, которые по всей вероятности образовались за счет перекристаллизации глобулярного и колломорфно-зонального пирита.

Сфалерит составляет около 30 % (от площади аншлифа), наблюдается в виде гнездообразных скоплений, а также образует неправильной формы зерна с зазубренными краями размером от 0,02 до 0,17 мм в сростании с глобулярным пиритом в ассоциации с углеродистым веществом. Но нередко наблюдаются и мономинеральные прослои сложенные интерстициальными образованиями сфалерита.

Галенит встречен в виде неправильной формы зерен в сростании со сфалеритом и пиритом, размер зерен до 0,035 мм, иногда в виде тонких прожилков мощностью до 0,005 мм вдоль слоистости основных компонентов.

Аншлиф 2/18

Макро: углисто-кремнисто-известковистая порода темно-серого цвета с послойной вкрапленностью и слоями сульфидов. Текстура ритмично-слоистая, по слоистости многочисленные пустотки выщелачивания.

Микро: барит-галенит сфалерит-пиритовая руда. Наблюдается тонкое чередование углистых глинисто-кремнисто-известковистых прослоев с пирит-сфалеритовыми и барит-сфалеритовыми включениями.

Рудные минералы: глобулярный пирит, сфалерит, галенит, одно зерно блеклой руды. Нерудные минералы - кварц, кальцит, барит, слюда. Текстура ритмично-слоистая.

Пирит составляет около 40 %, представлен сплошными прослоями отдельных идиоморфных кристаллов размером менее 0,007 мм, глобуль размером до 0,035 мм и сферолитами, отличающимися большими размерами (до 0,3 мм) и внутренней структурой. Наблюдается стойкая ассоциация со сфалеритом, галенитом и баритом.

Сфалерит в количественном отношении распространен чуть больше, нежели пирит. В густо вкрапленных и сплошных пирит-сфалеритовых прослоях заполняет пространство между глобулями пирита, как бы цементируя их без явления разъедания. Нередко в сфалерите наряду с глобулями пирита заключены колломорфно-зональные пиритовые или пирит-сфалеритовые и пирит-галенитовые агрегаты. Размер агрегатов сфалерита, вытянутых вдоль слоистости достигает 0,07 до 0,8 мм, рисунок 5.

Галенит образует единичные вкрапления размером до 0,045 мм в пирит-сфалеритовых слоях, а также выделяется в пространстве между глобулями пирита, цементируя их.

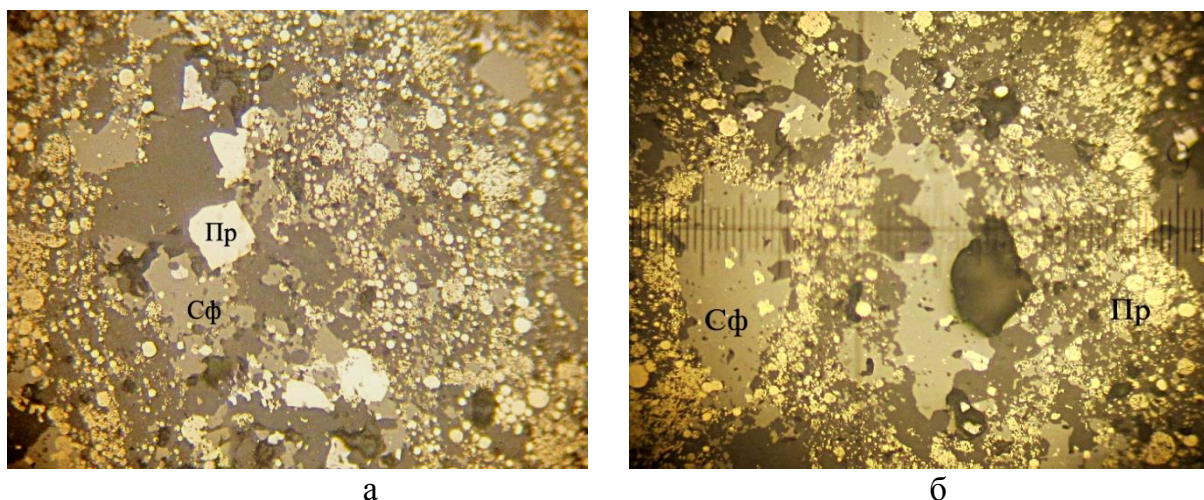


Рисунок 5 – а) чередование углистых глинисто-кремнисто-известковистых прослоев с пирит-сфалеритовыми и барит-сфалеритовыми включениями; б) включения перекристаллизованных агрегатов сфалерита в прослоях глобулярного пирита, аншлиф 2/18, ув. 160

Аншлиф 3/18

Макро: тонкозернистая, пелитоморфная углисто-кремнисто-карбонатная порода темно-серого цвета со слабо выраженной слоистостью.

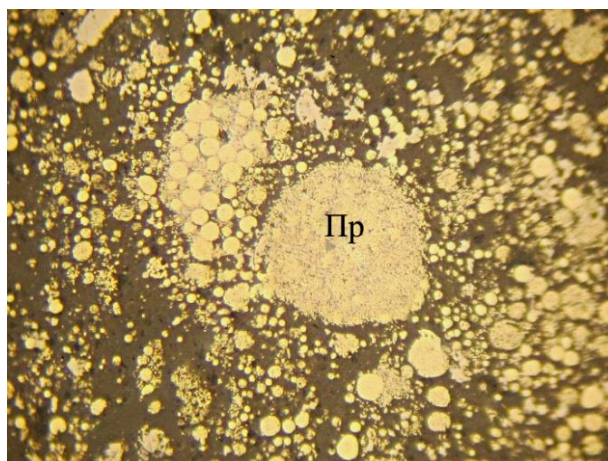
Микро: богатая тонкозернистая барит-галенит-сфалерит-пиритовая руда, представленная тонкими чередующимися пирит-сфалеритовыми, пирит-галенит-сфалерит-баритовыми и углисто-кремнисто-известковыми прослоями.

Рудные минералы - глобулярный пирит, сфалерит, галенит. Зерна рудных минералов измеряются тысячными и сотыми долями миллиметра. Сульфидам свойственны теснейшие срастания между собой, а также с породообразующими минералами. Количественное соотношение сульфидов в руде примерно одинаковое.

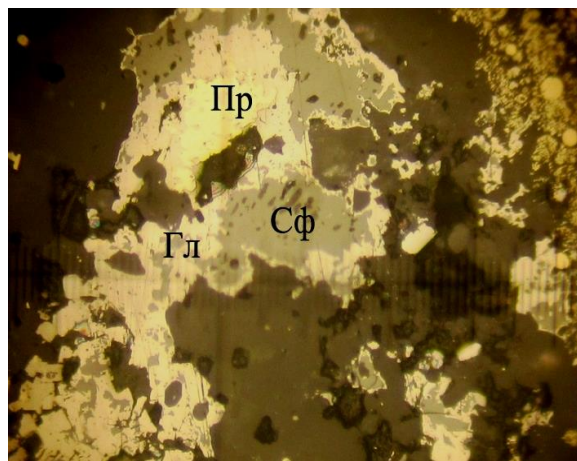
Пирит образует тонкую сыпь, бесформенные сгустки, почки и т.п., реже послойные скопления кристаллов и отдельные вкрапления. Нередки мета коллоидные образования – сферолиты, образованные за счет переотложения глобулярного пирита. Они отличаются от глобуль более крупными размерами до 0,24 мм, рисунок 6а.

В густо вкрапленных и сплошных пирит-сфалеритовых прослоях сфалерит заполняет пространства между глобулями пирита, цементируя их без явлений разъедания. Иногда сфалерит выделяется по микро трещинкам пересекающим пирит-сфалеритовые-баритовые прослои, где он образует мономинеральные агрегаты.

Галенит образует вкрапления размером до 0,2 мм в пирит-сфалеритовых слоях, выделяется между глобулями пирита, цементируя их. Иногда образует сложноветвящиеся соединяющиеся между собой вкрапления, рисунок 6б.



а



б

Рисунок 6 – а) мономинеральные образования глобулярного пирита (сферолиты); б) колломорфно-зональные агрегаты состоящие из пирита, сфалерита и галенита; аншлиф 3/18, ув.160

Аншлиф 4/18

Макро: интенсивно выветрелая окисленная кремнисто-карбонатная порода серовато-коричневого цвета с налетами гидроокислов железа, выполняющих стенки пустот выщелачивания.

Микро: колломорфно-зональные образования гетита и гидрогетита, с редкой реликтовой вкрапленностью пирита, рисунок 7.

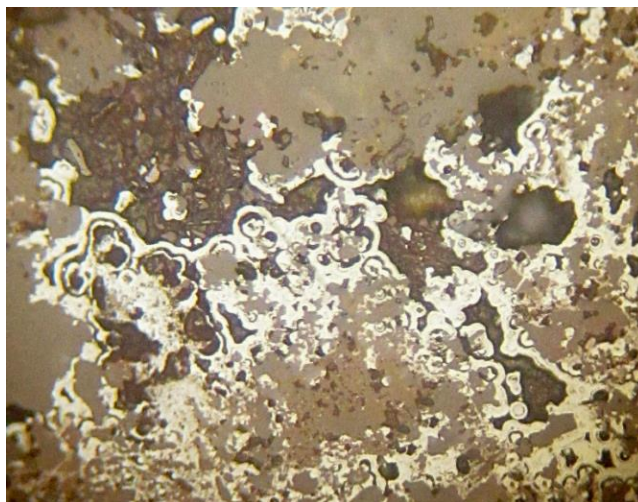


Рисунок 7 - Колломорфно-зональные образования гидроокислов железа, аншлиф 4/18, ув.160

Аншлиф 5/18

Макро: углисто-кремнисто-известковистая порода темно-серого цвета с послойной вкрапленностью и слойками сульфидов. Текстура ритмично-слоистая, по слоистости многочисленные пустотки выщелачивания, выполненные шестоватыми кристалликами белого цвета.

Микро: богатая ритмично-слоистая сфалерит-галенит-пиритовая руда (аналог вышеописанным аншлифам).

Ритмиты состоящие из глобулярного пирита, сфалерита, галенита и барита чередуются с прослоями крупнозернистого переотложенного сфалерита, коричневатого-серого цвета со светло-желтыми внутренними рефlekсами в отраженном свете.

Кроме глобулярного пирита, здесь наблюдаются включения метакристаллов пирита, размером до 0,7 мм, с характерными для этого минерала кристаллографическими очертаниями, образованные за счет преобразований глобулярного пирита.

Галенит распространен незначительно в виде интерстициальных включений, выполняющих межзерновые пространства, рисунок 8 а, б.

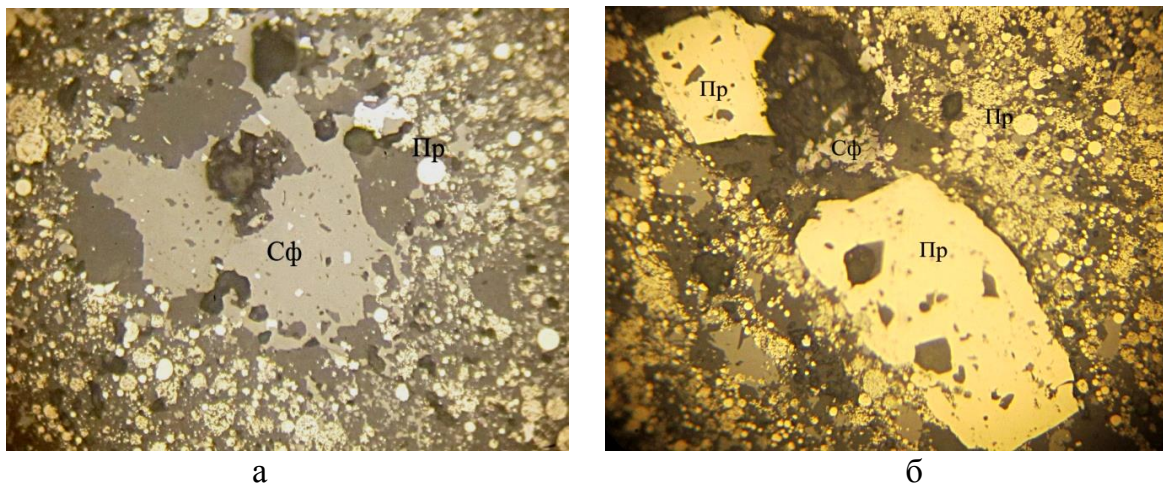


Рисунок 8 – а) крупнозернистый переотложенный сфалерит в тонкозернистом агрегате пирит-сфалерит-баритового состава, б) метакристаллы пирита, образованные за счет перекристаллизации глобулярного пирита, аншлиф 5/18, ув.160

3.2.2 Выводы по изучению вещественного состава

На основании результатов минералогического анализа исследованного материала можно сделать следующие выводы:

1. Отобранные, наиболее обогащенные сульфидами, кусочки пробы представляют собой богатую тонкозернистую барит-галенит-сфалерит-пиритовую руду, состоящую из чередования пирит-сфалеритовых, пирит-галенит-сфалерит-баритовых и углисто- кремнисто-известковых прослоев.

2. Рудные минералы - глобулярный пирит, сфалерит, галенит. Зерна рудных минералов измеряются тысячными и сотыми долями миллиметра. Сульфидам свойственны теснейшие срастания между собой, а также с породообразующими минералами. Количественное соотношение сульфидов в руде примерно одинаковое.

3.3 Гранулометрический состав пробы руды

Исследуемая проба руды была представлена кусковым материалом с максимальной крупностью отдельных кусков руды 100 - 130 мм.

3.3.1 Гранулометрический состав пробы исходной руды, дробленной до 80 мм

Гранулометрический состав и распределение свинца, цинка, серебра, и барита по классам крупности в исходной руде, дробленной до крупности 80 мм, приведен в таблице 7.

Таблица 7 – Гранулометрический состав и распределение свинца, цинка, барита и серебра по классам крупности в исходной руде

Классы крупности, мм	Выход, %	Содержание, %				Извлечение, %			
		Pb	Zn	BaSO ₄	Ag, г/т	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag
-80+40	6,40	0,90	2,38	0,52	1,00	3,28	9,42	2,16	0,69
-40+20	11,94	2,23	3,04	0,50	11,40	15,16	22,46	3,87	14,58
-20+14	7,30	2,61	2,50	0,68	11,60	10,85	11,29	3,22	9,07
-14+8	5,95	2,70	2,84	1,06	11,90	9,15	10,45	4,09	7,59
-8+5	2,98	2,16	2,56	0,92	12,00	3,67	4,72	1,78	3,83
-5+2,5	3,71	2,61	2,20	1,52	10,90	5,51	5,05	3,65	4,33
-2,5 + 1,5	1,97	2,88	2,49	2,48	13,20	3,23	3,03	3,16	2,79
-1,5+0,63	3,70	3,78	3,09	4,27	12,20	7,96	7,07	10,23	4,84
-0,63+0,315	2,80	3,12	2,77	5,04	11,10	4,97	4,80	9,14	3,33
-0,315+0,16	2,97	3,69	2,34	4,68	16,70	6,24	4,30	9,00	5,31
-0,16 +0,071	4,15	2,25	1,27	4,30	13,70	5,32	3,26	11,56	6,09
-0,071+0,0	46,13	0,94	0,50	1,27	7,59	24,66	14,15	38,14	37,55
<i>Итого</i>	<i>100,0</i>	<i>1,76</i>	<i>1,62</i>	<i>1,54</i>	<i>9,33</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>

По результатам ситового анализа, средневзвешенное содержание в пробе руды составило: свинца 1,76 %, цинка 1,62 %, барита 1,54 %, серебра 9,33 г/т.

Выход класса крупностью -80 + 14 мм составил 25,64 % со средним содержанием свинца 2,01 %, цинка 2,73 %, барита 0,55 % и серебра 8,86 г/т, при извлечении свинца 29,29 % , цинка 43,17 %, барита 9,25 % и серебра 24,34 % .

Выход класса крупностью -14 + 1,5 мм составил 14,61 % со средним содержанием свинца 2,6 %, цинка 2,58 %, барита 1,34 % и серебра 11,84 г/т, при извлечении свинца 21,56 %, цинка 23,25 %, барита 12,68 % и серебра 18,54% .

Выход суммарного машинного класса крупностью -80 + 1,5 мм составил 40,25 % со средним содержанием свинца 2,22 %, цинка 2,67 %, барита 0,84 % и серебра 9,92 г/т, при извлечении свинца 50,85 % , цинка 66,42 %, барита 21,93 % и серебра 42,88 % .

Количество класса крупностью -1,5+0 мм, по ситовому анализу, составило большую часть 59,75 %, при извлечении свинца 49,15 %, цинка 33,58 %, барита 78,07 % и серебра 57,12 % и содержания свинца 1,45 %, цинка 0,91 %, барита 2,01 % и серебра 8,92 г/т

Определение гранулометрического состава класса крупностью 0,071 – 0,0 мм осуществлялось седиментационным анализом. Результаты седиментационного анализа приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Гранулометрический состав класса -0,071 + 0,0 мм, с распределением свинца, цинка, барита и серебра по классам крупности

Классы крупности, мм	Выход, %	Содержание, %				Извлечение, %			
		Pb	Zn	BaSO ₄	Ag, г/т	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag
-0,071+0,04	2,55	2,27	1,08	5,17	7,80	3,30	1,70	8,54	2,13
-0,04+0,03	2,35	4,04	1,44	9,21	14,50	5,41	2,10	14,02	3,65
-0,03+0,02	5,43	0,95	0,54	1,84	7,20	2,94	1,82	6,47	4,19
-0,02+0,01	14,89	0,79	0,42	0,72	6,20	6,70	3,87	6,94	9,89
-0,01+0,0	20,91	0,53	0,36	0,16	7,90	6,31	4,66	2,17	17,69
<i>Итого</i>	<i>46,13</i>	<i>0,94</i>	<i>0,50</i>	<i>1,27</i>	<i>7,59</i>	<i>24,66</i>	<i>14,15</i>	<i>38,14</i>	<i>37,55</i>

Класс крупностью – 0,071 + 0,0 мм, в основном, представлен тонкими классами. Так выход класса крупностью -0,01 + 0,0 мм (менее 10 микрон) составил 20,91 % с содержанием свинца 0,53 %, цинка 0,36 %, барита 0,16 % и серебра 7,90 г/т, при извлечении свинца 6,31 %, цинка 4,66 %, барита 2,17 % и серебра 17,69 %.

Выход класса менее 20 микрон составил 35,80 % с содержанием свинца 0,64 %, цинка 0,39 %, барита 0,39 % и серебра 7,19 г/т, при извлечении свинца 13,01 %, цинка 8,53 %, барита 9,11 % и серебра 27,58 %.

Выход класса менее 30 микрон (-0,03 + 0,0 мм) составил 41,23 % с содержанием свинца 0,68 %, цинка 0,41 %, барита 0,58 % и серебра 7,19 г/т, при извлечении свинца 15,95 %, цинка 10,35 %, барита 15,58 % и серебра 31,77 %.

Выход класса менее 40 микрон (-0,04 + 0,0 мм) составил 43,58 % с содержанием свинца 0,86 %, цинка 0,46 %, барита 1,05 % и серебра 7,59 г/т, при извлечении свинца 21,36 %, цинка 12,45 %, барита 29,60 % и серебра 35,42 %.

Выход класса крупностью -0,071 + 0,0 мм составил 46,13 % со средним содержанием свинца 0,94 %, цинка 0,50 %, барита 1,27 % и серебра 7,59 г/т, при извлечении свинца 24,66 %, цинка 14,15 %, барита 38,14 % и серебра 37,55 %, т.е. практически половина руды представлена тонкими шламами.

Результаты изучения гранулометрического состава тонких шламов показывает, что в классе крупностью -0,071 + 0,0 мм концентрируется 24,36 % свинца и 14,15 % цинка, а также 37,55 % серебра. Данные результаты показывают целесообразность подвергать обогащению тонкие шламистые классы.

Полный гранулометрический состав и распределение свинца, цинка, барита и серебра по классам крупности в исходной руде, приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Полный гранулометрический состав и распределение свинца, цинка, барита и серебра по классам крупности в исходной руде

Классы крупности, мм	Выход, %	Содержание, %				Извлечение, %			
		Pb	Zn	BaSO ₄	Ag, г/т	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag
-80+40	6,40	0,90	2,38	0,52	1,00	3,28	9,42	2,16	0,69
-40+20	11,94	2,23	3,04	0,50	11,40	15,16	22,46	3,87	14,58
-20+14	7,30	2,61	2,50	0,68	11,60	10,85	11,29	3,22	9,07
-14+8	5,95	2,70	2,84	1,06	11,90	9,15	10,45	4,09	7,59
-8+5	2,98	2,16	2,56	0,92	12,00	3,67	4,72	1,78	3,83
-5+2,5	3,71	2,61	2,20	1,52	10,90	5,51	5,05	3,65	4,33
-2,5+1,5	1,97	2,88	2,49	2,48	13,20	3,23	3,03	3,16	2,79
-1,5+0,63	3,70	3,78	3,09	4,27	12,20	7,96	7,07	10,23	4,84
-0,63+0,315	2,80	3,12	2,77	5,04	11,10	4,97	4,80	9,14	3,33
-0,315+0,16	2,97	3,69	2,34	4,68	16,70	6,24	4,30	9,00	5,31
-0,16+0,071	4,15	2,25	1,27	4,30	13,70	5,32	3,26	11,56	6,09
-0,071+0,04	2,55	2,27	1,08	5,17	7,80	3,30	1,70	8,54	2,13
-0,04+0,03	2,35	4,04	1,44	9,21	14,50	5,41	2,10	14,02	3,65
-0,03+0,02	5,43	0,95	0,54	1,84	7,20	2,94	1,82	6,47	4,19
-0,02+0,01	14,89	0,79	0,42	0,72	6,20	6,70	3,87	6,94	9,89
-0,01+0,0	20,91	0,53	0,36	0,16	7,90	6,31	4,66	2,17	17,69
<i>Итого</i>	<i>100,0</i>	<i>1,76</i>	<i>1,62</i>	<i>1,54</i>	<i>9,33</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>

3.3.2 Выводы по изучению гранулометрического состава руды

Результаты мокрого ситового анализа показывают, что:

Выход суммарного машинного класса крупностью -80 + 1,5 мм составил 40,25 % со средним содержанием свинца 2,22 %, цинка 2,67 %, барита 0,84 % и серебра 9,92 г/т, при извлечении свинца 50,85 %, цинка 66,42 %, барита 21,93 % и серебра 42,88 %.

Количество класса крупностью +1,5 - 0 мм, по ситовому анализу, составило большую часть 59,75 %, при извлечении свинца 49,15 %, цинка 33,58 %, барита 78,07 % и серебра 57,12 % и содержания свинца 1,45 %, цинка 0,91 %, барита 2,01 % и серебра 8,92 г/т

Выход класса крупностью 0,071 – 0,0 мм составил 46,13 % со средним содержанием свинца 0,94 %, цинка 0,50 %, барита 1,27 % и серебра 7,59 г/т, при извлечении свинца 24,66 %, цинка 14,15 %, барита 38,14 % и серебра 37,55 %, т.е. практически половина руды представлена тонкими шламами.

На основании результатов изучения вещественного и гранулометрического состава окисленной свинцово-цинково-баритовой руды можно сделать следующие основные выводы:

В пробе руды рудные минералы представлены глобулярным пиритом, сфалеритом, галенитом. Зерна рудных минералов измеряются тысячными и сотыми долями миллиметра, образуют агрегатную вкрапленность. Сульфидам свойственны теснейшие срастания между собой, а также с

породообразующими минералами. Количественное соотношение сульфидов в руде примерно одинаковое.

- наличие агрегатной врапленности позволяет утверждать, что для обогащения окисленной свинцово-цинково-баритовой руды, возможно, применение гравитационных методов обогащения (отсадка, концентрация на столе) для получения черновых концентратов [4];

- изучения гранулометрического состава показали, что выхода классов крупностью крупнее 0,071 мм составили 53,87 %, в который извлекается свинца 75,34 %, цинка 85,85 %, серебра 62,45 % и барита 61,86 %, основная масса руды представлена классом крупности менее 0,071 мм;

3.4 Изучение фракционного состава руды

Изучение фракционного состава руды осуществлялось путем выполнения фракционного анализа, т.е. разделения исследуемых продуктов на фракции различной плотности, с определением количественных и качественных соотношений фракций различной плотности в исследуемой руде.

3.4.1 Фракционный состав классов крупностью -80 + 14 мм, -14 + 2,5 мм, -2,5 - 0,63 мм и -0,63 + 0,071 мм

Фракционный состав машинных классов крупностью -80 + 14 мм, -14 + 2,5 мм, -2,5 + 0,63 мм и -0,63 + 0,071 мм и распределение содержания свинца, цинка, барита и серебра по фракциям плотности, приведены в таблицах 10 - 12.

Таблица 10 – Фракционный состав и распределение содержания свинца, цинка, барита и серебра по фракциям ПЛОТНОСТИ

Фракции плотности, кг/м ³	Выход, % от		Содержание, %				Извлечение от руды, %				Извлечение от класса, %				Классы, мм
	класса	руды	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag, г/т	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag	
– 2750	70,60	18,10	0,40	0,79	3,06	11,0	4,09	8,06	20,56	13,61	13,81	18,60	76,60	38,91	-80 + 14
+2750 – 3000	3,71	0,95	2,73	1,41	1,10	17,0	1,47	0,76	0,39	1,10	4,96	1,72	1,45	3,16	
+ 3000	25,69	6,59	6,48	9,28	2,41	45,0	24,15	34,48	5,90	20,28	81,23	79,68	21,95	57,93	
Итого	100,0	25,64	2,05	3,00	2,82	19,96	29,71	43,30	26,85	34,99	100,0	100,0	100,0	100,0	
–2750	72,33	9,14	0,72	0,90	3,33	12,5	3,72	4,64	11,30	7,81	22,24	23,05	72,77	41,96	-14 + 2,5
+2750 – 3000	1,97	0,25	3,15	2,67	2,18	28,3	0,45	0,38	0,20	0,48	2,64	1,89	1,30	2,60	
+ 3000	25,70	3,25	6,84	8,26	3,34	46,5	12,56	15,14	4,03	10,33	75,12	75,06	25,93	55,44	
Итого	100,0	12,64	2,34	2,83	3,31	21,55	16,73	20,16	15,53	18,62	100,0	100,0	100,0	100,0	
– 2750	70,49	4,00	0,40	0,57	2,7	15,9	0,90	1,29	4,01	4,35	8,25	13,50	38,09	46,93	-2,5 + 0,63
+2750 – 3000	1,95	0,11	2,43	1,30	3,14	22,1	0,15	0,08	0,13	0,17	1,41	0,96	1,24	1,82	
+ 3000	27,56	1,56	11,27	9,30	11,00	44,4	9,95	8,18	6,37	4,73	90,34	85,54	60,67	51,25	
Итого	100,0	5,67	3,43	2,99	4,99	23,86	11,00	9,55	10,51	9,25	100,0	100,0	100,0	100,0	
– 2750	74,86	7,43	0,4	0,75	4,06	14,5	1,68	3,14	11,20	7,36	9,30	22,42	44,41	55,80	-0,63 + 0,071
+ 2750	25,14	2,49	11,62	7,72	15,13	34,2	16,36	10,84	13,99	5,82	90,70	77,58	55,59	44,20	
Итого	100,0	9,92	3,22	2,50	6,84	19,44	18,04	13,98	25,19	13,18	100,0	100,0	100,0	100,0	
Класс 0,071–0,0 мм	-	46,13	0,94	0,50	1,28	7,6	24,52	13,01	21,92	23,96	-	-	-	-	-0,071 + 0,0
Руда Pb-Zn-BaSO ₄	-	100,0	1,77	1,77	2,69	14,63	100,0	100,0	100,0	100,0	-	-	-	-	-80 + 0,0

Таблица 11 – Фракционный состав и распределение содержания свинца, цинка, барита и серебра по фракциям плотностью более 3000 кг/м³

Наименование	Выход, %	Содержание, %				Извлечение, %			
		Pb	Zn	BaSO ₄	Ag, г/т	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag
Класс -80 + 14 мм + 3000 кг/м ³	6,59	6,48	9,28	2,41	45,0	24,15	34,48	5,9	20,28
Класс -14 + 2,5 мм + 3000 кг/м ³	3,25	6,84	8,26	3,34	46,5	12,56	15,14	4,03	10,33
Класс -2,5 + 0,63 мм + 3000 кг/м ³	1,56	11,27	9,3	11	44,4	9,95	8,18	6,37	4,73
Класс -0,63 + 0,071 мм + 2750 кг/м ³	2,49	11,62	7,72	15,13	34,2	16,36	10,84	13,99	5,82
Итого класс -80 + 0,071 мм +3000 кг/м ³	13,89	8,02	8,76	5,87	43,35	63,02	68,64	30,29	41,16
Итого класс +80 - 0,071 мм -3000 кг/м ³	39,98	0,56	0,81	3,21	12,76	12,46	18,35	47,79	34,88
Класс -0,071 + 0,0 мм	46,13	0,94	0,5	1,28	7,6	24,52	13,01	21,92	23,96
<i>Руда Pb-Zn- BaSO₄</i>	<i>100,0</i>	<i>1,77</i>	<i>1,77</i>	<i>2,69</i>	<i>14,63</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>

Таблица 12 – Фракционный состав и распределение содержания свинца, цинка, барита и серебра по фракциям плотностью более 2750 кг/м³

Наименование	Выход, %	Содержание, %				Извлечение, %			
		Pb	Zn	BaSO ₄	Ag, г/т	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag,
Класс -80 + 14 мм +2750 кг/м ³	7,54	6,01	8,29	2,24	41,47	25,62	35,24	6,29	21,38
Класс -14 + 2,5 мм +2750 кг/м ³	3,50	6,58	7,86	3,26	45,2	13,01	15,52	4,23	10,81
Класс -2,5 + 0,63 мм + 2750 кг/м ³	1,67	10,69	8,77	10,48	42,93	10,1	8,26	6,5	4,9
Класс -0,63+0,071 мм + 2750 кг/м ³	2,49	11,62	7,72	15,13	34,2	16,36	10,84	13,99	5,82
Итого класс -80+0,071 мм +2750 кг/м ³	15,20	7,57	8,15	5,49	41,30	65,09	69,86	31,01	42,91
Итого класс -80 + 0,071 мм -2750 кг/м ³	38,67	0,48	0,78	3,27	12,53	10,39	17,13	47,07	33,13
Класс -0,071+0,0 мм	46,13	0,94	0,5	1,28	7,6	24,52	13,01	21,92	23,96
<i>Руда Pb-Zn-BaSO₄</i>	<i>100,0</i>	<i>1,77</i>	<i>1,77</i>	<i>2,69</i>	<i>14,63</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>

3.4.2 Выводы по изучению фракционного состава

На основании результатов исследований, полученных при фракционном анализе руды, можно сделать следующие основные выводы:

При разделении суммарного класса крупностью $-80 + 0,071$ мм, по плотности 3000 кг/м^3 , выход тяжелой концентратной фракции составил 13,89 % с содержанием свинца 8,02 %, цинка 8,76 %, при извлечении свинца 63,02 % и цинка 68,64 %.

При разделении суммарного класса крупностью $-80 + 0,071$ мм, по плотности 2750 кг/м^3 , выход тяжелой концентратной фракции составил 15,20 % с содержанием свинца 7,57 %, цинка 8,15 %, при извлечении свинца 65,09 % и цинка 69,86 %.

Полученные результаты показывают, что технологические показатели разделения суммарного класса крупностью $-80 + 0,071$ мм по плотности 2750 кг/м^3 , находятся на практически одном уровне с показателями, получаемыми при разделении машинного класса по плотности 3000 кг/м^3 .

Руда окисленного сорта карьера Западный, в диапазоне крупности $-80 + 0,071$ мм, с гравитационной точки зрения относится к категории легкообогатимых.

3.5 Гравитационное обогащение машинных классов

3.5.1 Отсадка машинных классов крупностью $-80 + 14$ мм, $-14 + 1,5$ мм и концентрация на столе класса $-1,5 + 0,0$ мм

Результаты отсадки машинных классов крупностью $-80 + 14$ мм, $-14 + 1,5$ мм и концентрация на столе класса крупностью $-1,5 + 0,0$ мм приведены в таблицах 13 - 32.

Исследование по отсадке машинного класса крупностью $-80 + 14$ мм проводилась при частота пульсаций 70 кол/мин, амплитуда колебаний 95 мм, цикл пульсаций синусоидальный ($50 - 0 - 50$), высота естественной постели 350 мм, расход подрешетной воды $7 \text{ м}^3/\text{т}$ и удельная нагрузка $12 \text{ т/ч} \cdot \text{м}^2$.

Исследование по отсадке машинного класса крупностью $-14 + 1,5$ мм проводилась частота пульсаций 82 кол/мин, амплитуда колебаний 75 мм, цикл пульсаций синусоидальный ($50 - 0 - 50$), высота естественной постели 350 мм, расход подрешетной воды $7 \text{ м}^3/\text{т}$ и удельная нагрузка $12 \text{ т/ч} \cdot \text{м}^2$.

Класса крупностью $-1,5 + 0,0$ мм использовался концентрационный стол типа СКО-1,0 с удельной производительностью $1 \text{ т/ч} \cdot \text{м}^2$, при частоте колебаний 400 в минуту, амплитуде колебаний 9 мм. Использование концентрационного стола, для обогащения класса крупностью $-1,5 + 0,0$ мм, обуславливался тем, что данный класс крупности на 85% представлен классом крупностью минус 160 микрон ($0,16 - 0,0$ мм).

Приведенные, в таблицах 13 – 32, результаты показывают технологические показатели, полученные при обогащении машинных классов крупности $-80 + 14$ мм, $-14 + 1,5$ мм и $-1,5 + 0,0$ мм, в зависимости от выхода тяжелой концентратной фракции.

Таблица 13 – Результаты отсадки машинного класса крупностью -80 + 14 мм (вариант 1)

Наименование продукта	Выход, % от		Содержание, %				Извлечение от класса, %				Извлечение от руды, %			
	класса	руды	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag, г/т	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag
<i>Концентрат класс -80 + 14 мм</i>	9,01	2,31	11,14	11,72	4,43	35,13	40,31	34,96	28,11	24,92	14,87	17,57	6,07	6,97
Хвосты 80 - 14 мм	90,99	23,33	1,63	2,16	1,12	10,48	59,69	65,04	71,89	75,08	21,97	32,71	15,52	20,99
Итого -80 + 14 мм	100,0	25,64	2,49	3,02	1,42	12,7	100,0	100,0	100,0	100,0	36,84	50,28	21,59	27,96
Класс -14 + 1,5 мм	-	14,61	2,66	2,30	2,28	11,63	-	-	-	-	22,44	21,80	19,78	14,59
Класс -1,5 + 0,0 мм	-	59,75	1,18	0,72	1,65	11,20	-	-	-	-	40,72	27,92	58,63	57,45
<i>Руда -80 + 0,0 мм</i>	-	100,0	1,73	1,54	1,68	11,65	-	-	-	-	100,0	100,0	100,0	100,0

Таблица 14 – Результаты отсадки машинного класса крупностью -80 + 14 мм (вариант 2)

Наименование продукта	Выход, % от		Содержание, %				Извлечение от класса, %				Извлечение от руды, %			
	класса	руды	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag, г/т	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag
<i>Концентрат класс -80 + 14 мм</i>	15,6	4,00	9,09	10,15	3,51	31,61	56,95	52,43	38,56	38,83	20,99	26,38	8,34	10,86
Хвосты 80 - 14 мм	84,40	21,64	1,27	1,70	1,03	9,20	43,05	47,57	61,44	61,17	15,85	23,90	13,25	17,10
Итого -80 + 14 мм	100,0	25,64	2,49	3,02	1,42	12,70	100,0	100,0	100,0	100,0	36,84	50,28	21,59	27,96
Класс -14 + 1,5 мм	-	14,61	2,66	2,30	2,28	11,63	-	-	-	-	22,44	21,80	19,78	14,59
Класс -1,5 + 0,0 мм	-	59,75	1,18	0,72	1,65	11,2	-	-	-	-	40,72	27,92	58,63	57,45
<i>Руда -80 + 0,0 мм</i>	-	100,0	1,73	1,54	1,68	11,65	-	-	-	-	100,0	100,0	100,0	100,0

Таблица 15 – Результаты отсадки машинного класса крупностью -80 + 14 мм (вариант 3)

Наименование продукта	Выход, % от		Содержание, %				Извлечение от класса, %				Извлечение от руды, %			
	класса	руды	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag, г/т	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag
<i>Концентрат класс -80 + 14 мм</i>	21,65	5,55	7,84	9,46	2,81	29,96	68,15	67,8	42,83	51,06	25,13	34,10	9,22	14,28
Хвосты 80 - 14 мм	78,35	20,09	1,01	1,24	1,04	7,93	31,85	32,2	57,17	48,94	11,71	16,18	12,37	13,68
Итого -80 + 14 мм	100,0	25,64	2,49	3,02	1,42	12,70	100,0	100,0	100,0	100,0	36,84	50,28	21,59	27,96
Класс -14 + 1,5 мм	-	14,61	2,66	2,30	2,28	11,63	-	-	-	-	22,44	21,80	19,78	14,59
Класс -1,5 + 0,0 мм	-	59,75	1,18	0,72	1,65	11,20	-	-	-	-	40,72	27,92	58,63	57,45
<i>Руда -80 + 0,0 мм</i>	-	100,0	1,73	1,54	1,68	11,65	-	-	-	-	100,0	100,0	100,0	100,0

Таблица 16 – Результаты отсадки машинного класса крупностью -80 + 14 мм (вариант 4)

Наименование продукта	Выход, % от		Содержание, %				Извлечение от класса, %				Извлечение от руды, %			
	класса	руды	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag, г/т	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag
<i>Концентрат класс -80 + 14 мм</i>	27,38	7,02	7,03	8,96	2,45	28,54	77,3	81,23	47,24	61,53	28,49	40,85	10,21	17,20
Хвосты 80 - 14 мм	72,62	18,62	0,78	0,78	1,03	6,73	22,7	18,77	52,76	38,47	8,35	9,43	11,38	10,76
Итого -80 + 14 мм	100	25,64	2,49	3,02	1,42	12,70	100	100	100	100	36,84	50,28	21,59	27,96
Класс -14 + 1,5 мм	-	14,61	2,66	2,30	2,28	11,63	-	-	-	-	22,44	21,80	19,78	14,59
Класс -1,5 + 0,0 мм	-	59,75	1,18	0,72	1,65	11,20	-	-	-	-	40,72	27,92	58,63	57,45
<i>Руда -80 + 0,0 мм</i>	-	100,0	1,73	1,54	1,68	11,65	-	-	-	-	100,0	100,0	100,0	100,0

Таблица 17 – Результаты отсадки машинного класса крупностью -80 + 14 мм (вариант 5)

Наименование продукта	Выход, % от		Содержание, %				Извлечение от класса, %				Извлечение от руды, %			
	класса	руды	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag, г/т	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag
<i>Концентрат класс -80 + 14 мм</i>	32,68	8,38	6,48	8,11	2,11	26,56	85,06	87,77	48,56	68,35	31,37	44,12	10,51	19,11
Хвосты 80 - 14 мм	67,32	17,26	0,55	0,55	1,08	5,97	14,94	12,23	51,44	31,65	5,47	6,16	11,08	8,85
Итого -80 + 14 мм	100,0	25,64	2,49	3,02	1,42	12,70	100,0	100,0	100,0	100,0	36,84	50,28	21,59	27,96
Класс -14 + 1,5 мм	-	14,61	2,66	2,30	2,28	11,63	-	-	-	-	22,44	21,80	19,78	14,59
Класс -1,5 + 0,0 мм	-	59,75	1,18	0,72	1,65	11,20	-	-	-	-	40,72	27,92	58,63	57,45
<i>Руда -80 + 0,0 мм</i>	-	100,0	1,73	1,54	1,68	11,65	-	-	-	-	100,0	100,0	100,0	100,0

Таблица 18 – Результаты отсадки машинного класса крупностью -80 + 14 мм (вариант 6)

Наименование продукта	Выход, % от		Содержание, %				Извлечение от класса, %				Извлечение от руды, %			
	класса	руды	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag, г/т	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag
<i>Концентрат класс -80 + 14 мм</i>	36,27	9,30	6,08	7,62	1,96	25,4	88,57	91,52	50,06	72,54	32,64	46,03	10,82	20,29
Хвосты 80 - 14 мм	63,73	16,34	0,45	0,40	1,11	5,47	11,43	8,48	49,94	27,46	4,20	4,25	10,77	7,67
Итого -80 + 14 мм	100,0	25,64	2,49	3,02	1,42	12,70	100,0	100,0	100,0	100,0	36,84	50,28	21,59	27,96
Класс -14 + 1,5 мм	-	14,61	2,66	2,30	2,28	11,63	-	-	-	-	22,44	21,80	19,78	14,59
Класс -1,5 + 0,0 мм	-	59,75	1,18	0,72	1,65	11,20	-	-	-	-	40,72	27,92	58,63	57,45
<i>Руда -80 + 0,0 мм</i>	-	100,0	1,73	1,54	1,68	11,65	-	-	-	-	100,0	100,0	100,0	100,0

Таблица 19 – Результаты отсадки машинного класса крупностью -80 + 14 мм (вариант 7)

Наименование продукта	Выход, % от		Содержание, %				Извлечение от класса, %				Извлечение от руды, %			
	класса	руды	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag, г/т	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag
<i>Концентрат класс -80 + 14 мм</i>	40,25	10,32	5,63	7,12	1,82	24,29	91,01	94,89	51,59	76,98	33,57	47,70	11,14	21,53
Хвосты 80 - 14 мм	59,75	15,32	0,37	0,26	1,15	4,89	8,99	5,11	48,41	23,02	3,27	2,58	10,45	6,43
Итого -80 + 14 мм	100,0	25,64	2,49	3,02	1,42	12,70	100,0	100,0	100,0	100,0	36,84	50,28	21,59	27,96
Класс -14 + 1,5 мм	-	14,61	2,66	2,3	2,28	11,63	-	-	-	-	22,44	21,80	19,78	14,59
Класс -1,5 + 0,0 мм	-	59,75	1,18	0,72	1,65	11,20	-	-	-	-	40,72	27,92	58,63	57,45
<i>Руда -80 + 0,0 мм</i>	-	100,0	1,73	1,54	1,68	11,65	-	-	-	-	100,0	100,0	100,0	100,0

Таблица 120 – Результаты отсадки машинного класса крупностью -14 + 1,5 мм (вариант 1)

Наименование продукта	Выход, % от		Содержание, %				Извлечение от класса, %				Извлечение от руды, %			
	класса	руды	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag, г/т	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag
<i>Концентрат класс -14 + 1,5 мм</i>	13,00	1,90	10,86	8,59	5,61	33,72	53,09	48,57	32,0	37,71	11,93	10,59	6,33	5,50
Хвосты -14 + 1,5 мм	87,0	12,71	1,43	1,36	1,78	8,33	46,91	51,43	68,0	62,29	10,51	11,21	13,45	9,09
Итого -14 + 1,5 мм	100,0	14,61	2,66	2,3	2,28	11,63	100,0	100,0	100,0	100,0	22,44	21,80	19,78	14,59
Класс -80 + 14 мм	-	25,64	2,49	3,02	1,42	12,70	-	-	-	-	36,84	50,28	21,59	27,96
Класс -1,5 + 0,0 мм	-	59,75	1,18	0,72	1,65	11,20	-	-	-	-	40,72	27,92	58,63	57,45
<i>Руда -80 + 0,0 мм</i>	-	100,0	1,73	1,54	1,68	11,65	-	-	-	-	100,0	100,0	100,0	100,0

Таблица 21 – Результаты отсадки машинного класса крупностью -14 + 1,5 мм (вариант 2)

Наименование продукта	Выход, % от		Содержание, %				Извлечение от класса, %				Извлечение от руды, %			
	класса	руды	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag, г/т	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag
<i>Концентрат класс -14 + 1,5 мм</i>	21,08	3,08	9,04	8,12	4,33	31,34	71,65	74,43	40,04	56,81	16,07	16,21	7,93	8,30
Хвосты -14 + 1,5 мм	78,92	11,53	0,96	0,75	1,73	6,36	28,35	25,57	59,96	43,19	6,37	5,59	11,85	6,29
Итого -14 + 1,5 мм	100,0	14,61	2,66	2,3	2,28	11,63	100,0	100,0	100,0	100,0	22,44	21,80	19,78	14,59
Класс -80 + 14 мм	-	25,64	2,49	3,02	1,42	12,70	-	-	-	-	36,84	50,28	21,59	27,96
Класс -1,5 + 0,0 мм	-	59,75	1,18	0,72	1,65	11,20	-	-	-	-	40,72	27,92	58,63	57,45
<i>Руда -80 + 0,0 мм</i>	-	100,0	1,73	1,54	1,68	11,65	-	-	-	-	100,0	100,0	100,0	100,0

Таблица 22 – Результаты отсадки машинного класса крупностью -14 + 1,5 мм (вариант 3)

Наименование продукта	Выход, % от		Содержание, %				Извлечение от класса, %				Извлечение от руды, %			
	класса	руды	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag, г/т	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag
<i>Концентрат класс -14 + 1,5 мм</i>	26,35	3,85	8,02	7,35	3,81	28,17	79,45	84,21	44,04	63,83	17,85	18,38	8,72	9,32
Хвосты -14 + 1,5 мм	73,65	10,76	0,74	0,49	1,73	5,71	20,55	15,79	55,96	36,17	4,59	3,42	11,06	5,27
Итого -14 + 1,5 мм	100,0	14,61	2,66	2,3	2,28	11,63	100,0	100,0	100,0	100,0	22,44	21,80	19,78	14,59
Класс -80 + 14 мм	-	25,64	2,49	3,02	1,42	12,70	-	-	-	-	36,84	50,28	21,59	27,96
Класс -1,5 + 0,0 мм	-	59,75	1,18	0,72	1,65	11,20	-	-	-	-	40,72	27,92	58,63	57,45
<i>Руда -80 + 0,0 мм</i>	-	100,0	1,73	1,54	1,68	11,65	-	-	-	-	100,0	100,0	100,0	100,0

Таблица 23 – Результаты отсадки машинного класса крупностью -14 + 1,5 мм (вариант 4)

Наименование продукта	Выход, % от		Содержание, %				Извлечение от класса, %				Извлечение от руды, %			
	класса	руды	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag, г/т	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag
<i>Концентрат класс -14 + 1,5 мм</i>	31,14	4,55	7,18	6,57	4,63	25,5	84,06	88,96	63,24	68,28	18,86	19,40	12,51	9,96
Хвосты -14 + 1,5 мм	68,86	10,06	0,62	0,37	1,22	5,36	15,94	11,04	36,76	31,72	3,58	2,40	7,27	4,63
Итого -14 + 1,5 мм	100,0	14,61	2,66	2,3	2,28	11,63	100,0	100,0	100,0	100,0	22,44	21,80	19,78	14,59
Класс -80 + 14 мм	-	25,64	2,49	3,02	1,42	12,70	-	-	-	-	36,84	50,28	21,59	27,96
Класс -1,5 + 0,0 мм	-	59,75	1,18	0,72	1,65	11,20	-	-	-	-	40,72	27,92	58,63	57,45
<i>Руда -80 + 0,0 мм</i>	-	100,0	1,73	1,54	1,68	11,65	-	-	-	-	100,0	100,0	100,0	100,0

Таблица 24 – Результаты отсадки машинного класса крупностью -14 + 1,5 мм (вариант 5)

Наименование продукта	Выход, % от		Содержание, %				Извлечение от класса, %				Извлечение от руды, %			
	класса	руды	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag, г/т	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag
<i>Концентрат класс -14 + 1,5 мм</i>	35,52	5,19	6,49	5,89	4,20	23,11	86,67	90,97	65,44	70,59	19,46	19,85	12,96	10,30
Хвосты -14 + 1,5 мм	64,48	9,42	0,55	0,32	1,22	5,31	13,33	9,03	34,56	29,41	2,98	1,95	6,82	4,29
Итого -14 + 1,5 мм	100,0	14,61	2,66	2,3	2,28	11,63	100,0	100,0	100,0	100,0	22,44	21,80	19,78	14,59
Класс -80 + 14 мм	-	25,64	2,49	3,02	1,42	12,70	-	-	-	-	36,84	50,28	21,59	27,96
Класс -1,5 + 0,0 мм	-	59,75	1,18	0,72	1,65	11,20	-	-	-	-	40,72	27,92	58,63	57,45
<i>Руда -80 + 0,0 мм</i>	-	100,0	1,73	1,54	1,68	11,65	-	-	-	-	100,0	100,0	100,0	100,0

Таблица 25 – Результаты отсадки машинного класса крупностью -14 + 1,5 мм (вариант 6)

Наименование продукта	Выход, % от		Содержание, %				Извлечение от класса, %				Извлечение от руды, %			
	класса	руды	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag, г/т	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag
<i>Концентрат класс -14 + 1,5 мм</i>	40,25	5,88	5,90	5,30	4,01	21,04	89,27	92,74	70,78	72,81	20,03	20,23	14,03	10,63
<i>Хвосты -14 + 1,5 мм</i>	59,75	8,73	0,48	0,28	1,11	5,29	10,73	7,26	29,22	27,19	2,41	1,57	5,75	3,96
<i>Итого -14 + 1,5 мм</i>	100,0	14,61	2,66	2,3	2,28	11,63	100,0	100,0	100,0	100,0	22,44	21,80	19,78	14,59
<i>Класс -80 + 14 мм</i>	-	25,64	2,49	3,02	1,42	12,70	-	-	-	-	36,84	50,28	21,59	27,96
<i>Класс -1,5 + 0,0 мм</i>	-	59,75	1,18	0,72	1,65	11,20	-	-	-	-	40,72	27,92	58,63	57,45
<i>Руда -80 + 0,0 мм</i>	-	100,0	1,73	1,54	1,68	11,65	-	-	-	-	100,0	100,0	100,0	100,0

Таблица 26 – Результаты отсадки машинного класса крупностью -14 + 1,5 мм (вариант 7)

Наименование продукта	Выход, % от		Содержание, %				Извлечение от класса, %				Извлечение от руды, %			
	класса	руды	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag, г/т	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag
<i>Концентрат класс -14 + 1,5 мм</i>	44,28	6,47	5,48	4,87	3,72	19,93	91,23	93,77	72,25	75,89	20,48	20,45	14,30	11,08
<i>Хвосты -14 + 1,5 мм</i>	55,72	8,14	0,42	0,26	1,14	5,03	8,77	6,23	27,75	24,11	1,96	1,35	5,48	3,51
<i>Итого -14 + 1,5 мм</i>	100,0	14,61	2,66	2,3	2,28	11,63	100,0	100,0	100,0	100,0	22,44	21,80	19,78	14,59
<i>Класс -80 + 14 мм</i>	-	25,64	2,49	3,02	1,42	12,70	-	-	-	-	36,84	50,28	21,59	27,96
<i>Класс -1,5 + 0,0 мм</i>	-	59,75	1,18	0,72	1,65	11,20	-	-	-	-	40,72	27,92	58,63	57,45
<i>Руда -80 + 0,0 мм</i>	-	100,0	1,73	1,54	1,68	11,65	-	-	-	-	100,0	100,0	100,0	100,0

Таблица 27 – Результаты концентрации машинного класса крупностью $-1,5 + 0,0$ мм (вариант 1)

Наименование продукта	Выход от, %		Содержание, %				Извлечение от класса, %				Извлечение от руды, %			
	класса	руды	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag, г/т	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag
<i>Концентрат класс -1,5 + 0,0 мм</i>	1,04	0,62	23,34	5,27	26,38	36,4	20,55	7,60	16,62	3,38	8,35	2,11	9,72	1,95
Хвосты -1,5 + 0,0 мм	98,96	59,13	0,95	0,67	1,39	10,94	79,45	92,40	83,38	96,62	32,37	25,81	48,91	55,50
Итого -1,5 + 0,0 мм	100,0	59,75	1,18	0,72	1,65	11,20	100,0	100,0	100,0	100,0	40,72	27,92	58,63	57,45
Класс -80 + 14 мм	-	25,64	2,49	3,02	1,42	12,70	-	-	-	-	36,84	50,28	21,59	27,96
Класс -14 + 1,5 мм	-	14,61	2,66	2,30	2,28	11,63	-	-	-	-	22,44	21,8	19,78	14,59
<i>Руда -80 + 0,0 мм</i>	-	100,0	1,73	1,54	1,68	11,65	-	-	-	-	100,0	100,0	100,0	100,0

Таблица 28 – Результаты концентрации машинного класса крупностью $-1,5 + 0,0$ мм (вариант 2)

Наименование продукта	Выход от, %		Содержание, %				Извлечение от класса, %				Извлечение от руды, %			
	класса	руды	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag, г/т	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag
<i>Концентрат класс -1,5 + 0,0 мм</i>	2,49	1,49	18,42	6,69	21,25	33,48	38,90	23,15	32,09	7,45	15,85	6,46	18,83	4,29
Хвосты -1,5 + 0,0 мм	97,51	58,26	0,74	0,57	1,15	10,63	61,10	76,85	67,91	92,55	24,87	21,46	39,80	53,16
Итого -1,5 + 0,0 мм	100	59,75	1,18	0,72	1,65	11,20	100,0	100,0	100,0	100,0	40,72	27,92	58,63	57,45
Класс -80 + 14 мм	-	25,64	2,49	3,02	1,42	12,70	-	-	-	-	36,84	50,28	21,59	27,96
Класс -14 + 1,5 мм	-	14,61	2,66	2,30	2,28	11,63	-	-	-	-	22,44	21,8	19,78	14,59
<i>Руда -80 + 0,0 мм</i>	-	100,0	1,73	1,54	1,68	11,65	-	-	-	-	100,0	100,0	100,0	100,0

Таблица 29 – Результаты концентрации машинного класса крупностью $-1,5 + 0,0$ мм (вариант 3)

Наименование продукта	Выход от, %		Содержание, %				Извлечение от класса, %				Извлечение от руды, %			
	класса	руды	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag, г/т	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag
<i>Концентрат класс -1,5 + 0,0 мм</i>	4,94	2,96	11,27	5,37	13,98	29,37	47,25	36,88	41,91	12,97	19,27	10,31	24,62	7,47
Хвосты -1,5 + 0,0 мм	95,06	56,79	0,65	0,48	1,01	10,25	52,75	63,12	58,09	87,03	21,45	17,61	34,01	49,98
Итого -1,5 + 0,0 мм	100,0	59,75	1,18	0,72	1,65	11,20	100,0	100,0	100,0	100,0	40,72	27,92	58,63	57,45
Класс -80 + 14 мм	-	25,64	2,49	3,02	1,42	12,70	-	-	-	-	36,84	50,28	21,59	27,96
Класс -14 + 1,5 мм	-	14,61	2,66	2,3	2,28	11,63	-	-	-	-	22,44	21,8	19,78	14,59
<i>Руда -80 + 0,0 мм</i>	-	100,0	1,73	1,54	1,68	11,65	-	-	-	-	100,0	100,0	100,0	100,0

Таблица 30 – Результаты концентрации машинного класса крупностью $-1,5 + 0,0$ мм (вариант 4)

Наименование продукта	Выход от, %		Содержание, %				Извлечение от класса, %				Извлечение от руды, %			
	класса	руды	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag, г/т	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag
<i>Концентрат класс -1,5 + 0,0 мм</i>	6,29	3,76	9,58	4,74	12,02	28,67	51,08	41,42	45,83	16,10	20,81	11,56	26,88	9,26
Хвосты -1,5 + 0,0 мм	93,71	55,99	0,62	0,45	0,95	10,03	48,92	58,58	54,17	83,90	19,91	16,36	31,75	48,19
Итого -1,5 + 0,0 мм	100,0	59,75	1,18	0,72	1,65	11,20	100,0	100,0	100,0	100,0	40,72	27,92	58,63	57,45
Класс -80 + 14 мм	-	25,64	2,49	3,02	1,42	12,70	-	-	-	-	36,84	50,28	21,59	27,96
Класс -14 + 1,5 мм	-	14,61	2,66	2,30	2,28	11,63	-	-	-	-	22,44	21,8	19,78	14,59
<i>Руда -80 + 0,0 мм</i>	-	100,0	1,73	1,54	1,68	11,65	-	-	-	-	100,0	100,0	100,0	100,0

Таблица 31 – Результаты концентрации машинного класса крупностью $-1,5 + 0,0$ мм (вариант 5)

Наименование продукта	Выход от, %		Содержание, %				Извлечение от класса, %				Извлечение от руды, %			
	класса	руды	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag, г/т	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag
<i>Концентрат класс -1,5 + 0,0 мм</i>	15,39	9,19	4,87	3,00	6,31	19,89	63,50	64,11	58,84	27,32	25,86	17,89	34,50	15,70
Хвосты -1,5 + 0,0 мм	84,61	50,56	0,51	0,31	0,80	9,62	36,50	35,89	41,16	72,68	14,86	10,03	24,13	41,75
Итого -1,5 + 0,0 мм	100,0	59,75	1,18	0,72	1,65	11,20	100,0	100,0	100,0	100,0	40,72	27,92	58,63	57,45
Класс -80 + 14 мм	-	25,64	2,49	3,02	1,42	12,70	-	-	-	-	36,84	50,28	21,59	27,96
Класс -14 + 1,5 мм	-	14,61	2,66	2,30	2,28	11,63	-	-	-	-	22,44	21,8	19,78	14,59
<i>Руда -80 + 0,0 мм</i>	-	100,0	1,73	1,54	1,68	11,65	-	-	-	-	100,0	100,0	100,0	100,0

Таблица 32 – Результаты концентрации машинного класса крупностью $-1,5 + 0,0$ мм (вариант 6)

Наименование продукта	Выход от, %		Содержание, %				Извлечение от класса, %				Извлечение от руды, %			
	класса	руды	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag, г/т	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag
<i>Концентрат класс -1,5 + 0,0 мм</i>	20,02	11,95	3,92	2,41	5,29	17,90	66,49	66,98	64,16	32,00	27,06	18,69	37,61	18,35
Хвосты -1,5 + 0,0 мм	79,98	47,8	0,50	0,30	0,74	9,53	33,51	33,02	35,84	68,00	13,66	9,23	21,02	39,10
Итого -1,5 + 0,0 мм	100,0	59,75	1,18	0,72	1,65	11,20	100,0	100,0	100,0	100,0	40,72	27,92	58,63	57,45
Класс -80 + 14 мм	-	25,64	2,49	3,02	1,42	12,70	-	-	-	-	36,84	50,28	21,59	27,96
Класс -14 + 1,5 мм	-	14,61	2,66	2,3	2,28	11,63	-	-	-	-	22,44	21,8	19,78	14,59
<i>Руда -80 + 0,0 мм</i>	-	100,0	1,73	1,54	1,68	11,65	-	-	-	-	100,0	100,0	100,0	100,0

Объединенные технологические показатели, полученные при обогащении машинных классов крупности $-80 + 14$ мм, $-14 + 1,5$ мм и $-1,5 + 0,0$ мм, в зависимости от выхода тяжелой концентратной фракции, по всем полученным вариантам, приведены в таблицах 33 – 39.

Таблица 33 – Баланс металлов по отсадке и концентрации на столе машинных классов крупностью $-80 + 14$ мм, $-14 + 1,5$ мм и $-1,5 + 0,0$ мм (по 1 варианту)

Наименование продукта	Выход, %	Содержание, %				Извлечение, %			
		Pb	Zn	BaSO ₄	Ag, г/т	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag, г/т
<i>Концентрат (-80 + 14 мм)</i>	2,31	11,14	11,72	4,43	35,13	14,87	17,57	6,07	6,97
<i>Концентрат (-14 + 1,5 мм)</i>	1,90	10,86	8,59	5,61	33,72	11,93	10,59	6,33	5,5
<i>Концентрат (-1,5 + 0,0 мм)</i>	0,62	23,34	5,27	26,38	36,4	8,35	2,11	9,72	1,95
<i>Итого концентрат класс -80+0,0 мм</i>	4,83	12,60	9,66	7,71	34,74	35,15	30,27	22,12	14,42
<i>Хвосты -80 + 14 мм</i>	23,33	1,63	2,16	1,12	10,48	21,97	32,71	15,52	20,99
<i>Хвосты -14 + 1,5 мм</i>	12,71	1,43	1,36	1,78	8,33	10,51	11,21	13,45	9,09
<i>Хвосты -1,5 + 0,0 мм</i>	59,13	0,95	0,67	1,39	10,94	32,37	25,81	48,91	55,5
<i>Итого хвосты</i>	95,17	1,18	1,13	1,38	10,48	64,85	69,73	77,88	85,58
<i>Руда -80 + 0,0 мм</i>	100,0	1,73	1,54	1,68	11,65	100,0	100,0	100,0	100,0

Таблица 34 – Баланс металлов по отсадке и концентрации на столе машинных классов крупностью -80 + 14 мм, -14 + 1,5 мм и -1,5 + 0,0 мм (по 2 варианту)

Наименование продукта	Выход, %	Содержание, %				Извлечение от руды, %			
		Pb	Zn	BaSO ₄	Ag, г/т	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag
<i>Концентрат (-80 + 14 мм)</i>	4,00	9,09	10,15	3,51	31,61	20,99	26,38	8,34	10,86
<i>Концентрат (-14 + 1,5 мм)</i>	3,08	9,04	8,12	4,33	31,34	16,07	16,21	7,93	8,3
<i>Концентрат (-1,5 + 0,0 мм)</i>	1,49	18,42	6,69	21,25	33,48	15,85	6,46	18,83	4,29
<i>Итого концентрат класс -80+0,0 мм</i>	8,57	10,69	8,82	6,89	31,84	52,91	49,05	35,1	23,45
<i>Хвосты -80 + 14 мм</i>	21,64	1,27	1,7	1,03	9,20	15,85	23,9	13,25	17,1
<i>Хвосты -14 + 1,5 мм</i>	11,53	0,96	0,75	1,73	6,36	6,37	5,59	11,85	6,29
<i>Хвосты -1,5 + 0,0 мм</i>	58,26	0,74	0,57	1,15	10,63	24,87	21,46	39,8	53,16
<i>Итого хвосты</i>	91,43	0,89	0,86	1,19	9,75	47,09	50,95	64,9	76,55
<i>Руда -80 + 0,0 мм</i>	100,0	1,73	1,54	1,68	11,65	100,0	100,0	100,0	100,0

Таблица 35 – Баланс металлов по отсадке и концентрации на столе машинных классов крупностью -80 + 14 мм, -14 + 1,5 мм и -1,5 + 0,0 мм (по 3 варианту)

Наименование продукта	Выход, %	Содержание, %				Извлечение от руды, %			
		Pb	Zn	BaSO ₄	Ag, г/т	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag
<i>Концентрат (-80 + 14 мм)</i>	5,55	7,84	9,46	2,81	29,96	25,13	34,1	9,22	14,28
<i>Концентрат (-14 + 1,5 мм)</i>	3,85	8,02	7,35	3,81	28,17	17,85	18,38	8,72	9,32
<i>Концентрат (-1,5 + 0,0 мм)</i>	2,96	11,27	5,37	13,98	29,37	19,27	10,31	24,62	7,47
<i>Итого концентрат класс -80+0,0 мм</i>	12,36	8,72	7,82	5,80	29,26	62,25	62,79	42,56	31,07
<i>Хвосты -80 + 14 мм</i>	20,09	1,01	1,24	1,04	7,93	11,71	16,18	12,37	13,68
<i>Хвосты -14 + 1,5 мм</i>	10,76	0,74	0,49	1,73	5,71	4,59	3,42	11,06	5,27
<i>Хвосты -1,5 + 0,0 мм</i>	56,79	0,65	0,48	1,01	10,25	21,45	17,61	34,01	49,98
<i>Итого хвосты</i>	87,64	0,74	0,66	1,11	9,16	37,75	37,21	57,44	68,93
<i>Руда -80 + 0,0 мм</i>	100,0	1,73	1,54	1,68	11,65	100,0	100,0	100,0	100,0

Таблица 36 – Баланс металлов по отсадке и концентрации на столе машинных классов крупностью -80 + 14 мм, -14 + 1,5 мм и -1,5 + 0,0 мм (по 4 варианту)

Наименование продукта	Выход, %	Содержание, %				Извлечение от руды, %			
		Pb	Zn	BaSO ₄	Ag, г/т	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag
<i>Концентрат (-80 + 14 мм)</i>	7,02	7,03	8,96	2,45	28,54	28,49	40,85	10,21	17,2
<i>Концентрат (-14 + 1,5 мм)</i>	4,55	7,18	6,57	4,63	25,5	18,86	19,4	12,51	9,96
<i>Концентрат (-1,5 + 0,0 мм)</i>	3,76	9,58	4,74	12,02	28,67	20,81	11,56	26,88	9,26
<i>Итого концентрат класс -80+0,0 мм</i>	15,33	7,70	7,22	5,44	27,67	68,16	71,81	49,6	36,42
<i>Хвосты -80 + 14 мм</i>	18,62	0,78	0,78	1,03	6,73	8,35	9,43	11,38	10,76
<i>Хвосты -14 + 1,5 мм</i>	10,06	0,62	0,37	1,22	5,36	3,58	2,4	7,27	4,63
<i>Хвосты -1,5 + 0,0 мм</i>	55,99	0,62	0,45	0,95	10,03	19,91	16,36	31,75	48,19
<i>Итого хвосты</i>	84,67	0,66	0,51	1,00	8,75	31,84	28,19	50,4	63,58
<i>Руда -80 + 0,0 мм</i>	100,0	1,73	1,54	1,68	11,65	100,0	100,0	100,0	100,0

Таблица 37 – Баланс металлов по отсадке и концентрации на столе машинных классов крупностью -80 + 14 мм, -14 + 1,5 мм и -1,5 + 0,0 мм (по 5 варианту)

Наименование продукта	Выход, %	Содержание, %				Извлечение от руды, %			
		Pb	Zn	BaSO ₄	Ag, г/т	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag
<i>Концентрат (-80 + 14 мм)</i>	8,38	6,48	8,11	2,11	26,56	31,37	44,12	10,51	19,11
<i>Концентрат (-14 + 1,5 мм)</i>	5,19	6,49	5,89	4,20	23,11	19,46	19,85	12,96	10,3
<i>Концентрат (-1,5 + 0,0 мм)</i>	9,19	4,87	3,00	6,31	19,89	25,86	17,89	34,5	15,7
<i>Итого концентрат класс -80+0,0 мм</i>	22,76	5,83	5,54	4,28	23,08	76,69	81,86	57,97	45,11
<i>Хвосты -80 + 14 мм</i>	17,26	0,55	0,55	1,08	5,97	5,47	6,16	11,08	8,85
<i>Хвосты -14 + 1,5 мм</i>	9,42	0,55	0,32	1,22	5,31	2,98	1,95	6,82	4,29
<i>Хвосты -1,5 + 0,0 мм</i>	50,56	0,51	0,31	0,8	9,62	14,86	10,03	24,13	41,75
<i>Итого хвосты</i>	77,24	0,52	0,36	0,91	8,28	23,31	18,14	42,03	54,89
<i>Руда -80 + 0,0 мм</i>	100,0	1,73	1,54	1,68	11,65	100,0	100,0	100,0	100,0

Таблица 38 – Баланс металлов по отсадке и концентрации на столе машинных классов крупностью -80 + 14 мм, -14 + 1,5 мм и -1,5 + 0,0 мм (по 6 варианту)

Наименование продукта	Выход, %	Содержание, %				Извлечение от руды, %			
		Pb	Zn	BaSO ₄	Ag, г/т	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag
<i>Концентрат (-80 + 14 мм)</i>	9,30	6,08	7,62	1,96	25,40	32,64	46,03	10,82	20,29
<i>Концентрат (-14 + 1,5 мм)</i>	5,88	5,90	5,30	4,01	21,04	20,03	20,23	14,03	10,63
<i>Концентрат (-1,5 + 0,0 мм)</i>	11,95	3,92	2,41	5,29	17,90	27,06	18,69	37,61	18,35
<i>Итого концентрат класс -80+0,0 мм</i>	27,13	5,09	4,82	3,87	21,15	79,73	84,95	62,46	49,27
<i>Хвосты -80 + 14 мм</i>	16,34	0,45	0,40	1,11	5,47	4,20	4,25	10,77	7,67
<i>Хвосты -14 + 1,5 мм</i>	8,73	0,48	0,28	1,11	5,29	2,41	1,57	5,75	3,96
<i>Хвосты -1,5 + 0,0 мм</i>	47,80	0,50	0,30	0,74	9,53	13,66	9,23	21,02	39,10
<i>Итого хвосты</i>	72,87	0,49	0,32	0,87	8,11	20,27	15,05	37,54	50,73
<i>Руда -80 + 0,0 мм</i>	100,0	1,73	1,54	1,68	11,65	100,0	100,0	100,0	100,0

Таблица 39 – Баланс металлов по отсадке и концентрации на столе машинных классов крупностью -80 + 14 мм, -14 + 1,5 мм и -1,5 + 0,0 мм (по 7 варианту)

Наименование продукта	Выход, %	Содержание, %				Извлечение от руды, %			
		Pb	Zn	BaSO ₄	Ag, г/т	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag
<i>Концентрат (-80 + 14 мм)</i>	10,32	5,63	7,12	1,82	24,29	33,57	47,7	11,14	21,53
<i>Концентрат (-14 + 1,5 мм)</i>	6,47	5,48	4,87	3,72	19,93	20,48	20,45	14,3	11,08
<i>Концентрат (-1,5 + 0,0 мм)</i>	11,95	3,92	2,41	5,29	17,9	27,06	18,69	37,61	18,35
<i>Итого концентрат класс -80+0,0 мм</i>	28,74	4,89	4,66	3,69	20,65	81,11	86,84	63,05	50,96
<i>Хвосты -80 + 14 мм</i>	15,32	0,37	0,26	1,15	4,89	3,27	2,58	10,45	6,43
<i>Хвосты -14 + 1,5 мм</i>	8,14	0,42	0,26	1,14	5,03	1,96	1,35	5,48	3,51
<i>Хвосты -1,5 + 0,0 мм</i>	47,8	0,5	0,3	0,74	9,53	13,66	9,23	21,02	39,1
<i>Итого хвосты</i>	71,26	0,46	0,29	0,87	8,02	18,89	13,16	36,95	49,04
<i>Руда -80 + 0,0 мм</i>	100,0	1,73	1,54	1,68	11,65	100,0	100,0	100,0	100,0

На основании полученных результатов исследований определено, что при обогащении машинных классов крупностью $-80 + 14$ мм, $-14 + 1,5$ мм отсадкой и класса $-1,5 + 0,0$ мм концентрацией на столе, можно получить гравитационные концентраты с повышенным содержанием свинца и цинка, в зависимости от выхода общего гравитационного концентрата, таблица 40.

Таблица 40 – Качественные показатели объединенного концентрата отсадки и концентрации на столе полученных при обогащении машинных классов крупностью $-80 + 14$ мм, $-14 + 1,5$ мм и $-1,5 + 0,0$ мм

Вариант	Выход, %	Содержание, %				Извлечение, %			
		Pb	Zn	BaSO ₄	Ag, г/т	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag
Концентрат 80 – 0,0 мм									
Вариант 1	4,83	12,60	9,66	7,71	34,74	35,15	30,27	22,12	14,42
Вариант 2	8,57	10,69	8,82	6,89	31,84	52,91	49,05	35,1	23,45
Вариант 3	12,36	8,72	7,82	5,80	29,26	62,25	62,79	42,56	31,07
Вариант 4	15,33	7,70	7,22	5,44	27,67	68,16	71,81	49,6	36,42
Вариант 5	22,76	5,83	5,54	4,28	23,08	76,69	81,86	57,97	45,11
Вариант 6	27,13	5,09	4,82	3,87	21,15	79,73	84,95	62,46	49,27
Вариант 7	28,74	4,89	4,66	3,69	20,65	81,11	86,84	63,05	50,96
Исходная руда	-	1,73	1,54	1,68	11,65	-	-	-	-

Приведенные показатели объединенного гравитационного концентрата получены при обогащении Pb - Zn - BaSO₄ окисленного сорта открытой добычи карьера Западный с исходным содержанием свинца 1,73 %, цинка 1,54 %, барита 1,68 % и серебра 11,65 г/т.

3.5.2 Выводы по обогащению руды с использованием гравитационных процессов

На основании результатов исследований, полученных при гравитационном обогащении руды, дробленной до 60 мм, можно сделать следующие основные выводы:

гравитационное обогащение дробленной руды рекомендуется обогащать на следующих машинных классах крупности: $- 80 + 14$ мм, $- 14 + 1,5$ мм, $- 1,5 + 0,0$ мм;

- машинные классы крупностью $- 80 + 14$ мм, $- 14 + 1,5$ мм, обогащать на отсадочных машинах. Класс крупностью $- 1,5 + 0,0$ мм обогащать на шламовых концентрационных столах

- Использование концентрационного стола, для обогащения данного класса, обуславливалось тем, что данный класс крупности на 85% представлен классом крупностью минус 160 микрон ($0,16 - 0,0$ мм).

- В результате исследований получены технологические показатели при обогащении машинных классов крупностью $-80 + 14$ мм, $-14 + 1,5$ мм и $-1,5 + 0,0$ мм, с получением гравитационных концентратов, в зависимости от их выхода, по семи возможным вариантам, на руде с исходным содержанием свинца 1,73 %, цинка 1,54 %, барита 1,68 % и серебра 11,65 г/т.

- Полученные результаты исследований по обогащению свинцово-цинково-баритовой руды окисленного сорта карьера Западный, доказали принципиальную возможность их обогащения с использованием гравитационных процессов, в частности процесса отсадки и концентрации на столах.

3.6 Технологическая схема обогащения свинцово-цинково-баритовой руды окисленного сорта открытой добычи карьера Западный

На основании полученных результатов исследования по гравитационному обогащению были разработаны две технологические схемы обогащения свинцово-цинково-баритовой руды окисленного сорта открытой добычи карьера Западный. Данные технологические схемы приведены на рисунке 9.

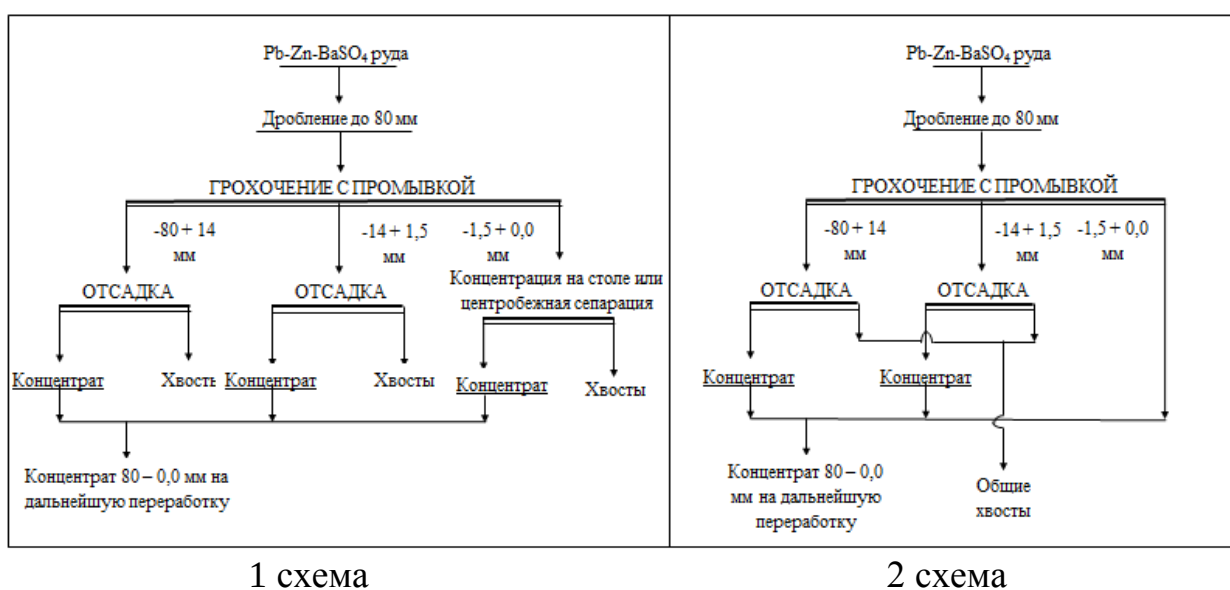


Рисунок 9 - Технологическая схема обогащения Pb - Zn - BaSO₄ окисленного сорта открытой добычи карьера Западный

Показатели получаемые по двум технологическим схемам приведены ниже:

1 технологическая схема. Машинные классы $-80 + 14$ мм и $-14 + 1,5$ мм обогащаются на отсадочных машинах, а класс $-1,5 + 0,0$ мм обогащается на

концентрационных столах. Данная технологическая схема позволяет получить итоговый концентрат с выходом 28,74% с содержанием свинца 4,89 %, цинка 4,66 %, при извлечении свинца 81,11 % и цинка 86,84 %. В таблице 41 приведены полученные технологические показатели по 1 технологической схеме обогащения.

2 технологическая схема. Машинные классы -80 + 14мм и -14 + 1,5мм обогащаются на отсадочных машинах, а класс -1,5 + 0,0 мм без предварительного обогащения добавляется в итоговый концентрат. Данная технологическая схема позволяет получить предобогащенный продукт с выходом 76,54 % с содержанием свинца 2,14 %, цинка 1,93 %, при извлечении свинца 94,77 % и цинка 96,07 %. В таблице 42 приведены полученные технологические показатели по 2 технологической схеме обогащения.

Таблица 41 – Баланс металлов по 1 схеме обогащения

Наименование продукта	Выход, %	Содержание, %				Извлечение от руды, %			
		Pb	Zn	BaSO ₄	Ag, г/т	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag
Концентрат класс -80+14 мм	10,32	5,63	7,12	1,82	24,29	33,57	47,7	11,14	21,53
Концентрат класс -14+1,5 мм	6,47	5,48	4,87	3,72	19,93	20,48	20,45	14,3	11,08
Концентрат класс -1,5+0,0 мм	11,95	3,92	2,41	5,29	17,9	27,06	18,69	37,61	18,35
<i>Итого концентрат класс -80+0,0 мм</i>	<i>28,74</i>	<i>4,89</i>	<i>4,66</i>	<i>3,69</i>	<i>20,65</i>	<i>81,11</i>	<i>86,84</i>	<i>63,05</i>	<i>50,96</i>
<i>Итого хвосты</i>	<i>71,26</i>	<i>0,46</i>	<i>0,29</i>	<i>0,87</i>	<i>8,02</i>	<i>18,89</i>	<i>13,16</i>	<i>36,95</i>	<i>49,04</i>
<i>Руда -80+0,0 мм</i>	<i>100,0</i>	<i>1,73</i>	<i>1,54</i>	<i>1,68</i>	<i>11,65</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>

Таблица 42 – Баланс металлов по 2 схеме обогащения

Наименование продукта	Выход, %	Содержание, %				Извлечение от руды, %			
		Pb	Zn	BaSO ₄	Ag, г/т	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag
Концентрат класс -80+14 мм	10,32	5,63	7,12	1,82	24,29	33,57	47,7	11,14	21,53
Концентрат класс -14+1,5 мм	6,47	5,48	4,87	3,72	19,93	20,48	20,45	14,3	11,08
Класс -1,5+0,0 мм	59,75	1,18	0,72	1,65	11,20	40,72	27,92	58,63	57,45
<i>Итого концентрат класс -80+0,0 мм</i>	<i>76,54</i>	<i>2,14</i>	<i>1,93</i>	<i>1,85</i>	<i>13,70</i>	<i>94,77</i>	<i>96,07</i>	<i>84,07</i>	<i>90,06</i>
<i>Итого хвосты</i>	<i>23,46</i>	<i>0,39</i>	<i>0,26</i>	<i>1,14</i>	<i>4,94</i>	<i>5,23</i>	<i>3,93</i>	<i>15,93</i>	<i>9,94</i>
<i>Руда -80+0,0 мм</i>	<i>100,0</i>	<i>1,73</i>	<i>1,54</i>	<i>1,68</i>	<i>11,65</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Исследование по изученному минералогическому составу пробы, показали, что в пробе руды рудные минералы представлены глобулярным пиритом, сфалеритом, галенитом. Зерна рудных минералов измеряются тысячными и сотыми долями миллиметра. Сульфидам свойственны теснейшие срастания между собой, а также с порообразующими минералами. Количественное соотношение сульфидов в руде примерно одинаковое.

2. По результатам химического анализа, содержания в пробе руды поступившей на исследование составили: свинца 1,76 %, цинка 1,62 %, барита 1,54 %, серебра 9,33 г/т.

3. Исследования по изучению гранулометрического состава руды показали, что окисленная свинцово-цинково-баритовая руда карьера Западный, на 50 % представлена тонкими классами крупностью менее 100 микрон.

4. Фракционный анализ показал, что при разделении суммарного класса крупностью $-80 + 0,071$ мм, по плотности 3000 кг/м^3 , выход тяжелой концентратной фракции составит 13,89 % с содержанием свинца 8,02 %, цинка 8,76 %, при извлечении свинца 63,02 % и цинка 68,64 %, а при разделении по плотности 2750 кг/м^3 , выход тяжелой концентратной фракции составит 15,20 % с содержанием свинца 7,57 %, цинка 8,15 %, при извлечении свинца 65,09 % и цинка 69,86 %.

5. В целом, свинцово-цинково-баритовую руду окисленного сорта карьера «Западный», с гравитационной точки зрения, можно отнести к категории легкообогатимых.

6. Обогащение машинных классов крупностью $-80 + 14$ мм и крупностью $-14 + 1,5$ мм осуществлялось отсадкой. Класс крупностью $-1,5 + 0,0$ мм обогащался на концентрационном столе. Использование концентрационного стола, для обогащения данного класса, обуславливалось тем, что данный класс крупности на 85% представлен классом крупностью минус 160 микрон ($0,16 - 0,0$ мм).

7. В результате исследований получены технологические показатели при обогащении машинных классов крупностью $-80 + 14$ мм, $-14 + 1,5$ мм и $-1,5 + 0,0$ мм, с получением гравитационных концентратов, в зависимости от их выхода, по семи возможным вариантам, на руде с исходным содержанием свинца 1,73 %, цинка 1,54 %, барита 1,68 % и серебра 11,65 г/т.

8. Полученные результаты исследований по обогащению свинцово-цинково-баритовой руды окисленного сорта карьера Западный, доказали принципиальную возможность их обогащения с использованием гравитационных процессов, в частности процесса отсадки и концентрации на концентраторах столов.

9. Для обогащения свинцово-цинково-баритовой руды окисленного

сорта карьера Западный, предлагается использовать технологическую схему обогащения, включающую в себя процесс отсадки классов крупностью $-80 + 14$ мм, $-14 + 1,5$ мм и концентрацию класса $-1,5 + 0,0$ мм на концентраторах столах.

Оценка полноты решений поставленных задач. Все поставленные в работе задачи выполнены в полном объеме:

- изучен вещественный и минералогический состав исходной свинцово-цинково-баритовой руды месторождения Западный;
- определен гранулометрический состав дробленых до 80 мм свинцово-цинково-баритовой руды;
- изучена гравитационная обогатимость свинцово-цинково-баритовой руды с использованием фракционного анализа;
- выполнены 7 опытов по гравитационному обогащению свинцово-цинково-баритовой руды на отсадочных машинах и на концентрационном столе;
- на основании полученных результатов разработаны 2 оптимальные технологические схемы переработки свинцово-цинково-баритовой руды.

Разработка рекомендаций и исходных данных по конкретному использованию полученных результатов. Результаты данной магистерской диссертации могут быть использованы для исследований по определению гравитационной обогатимости аналогичных типов руд и разработки технологических схем обогащения для руд со схожим минеральным составом. Разработанные технологические схемы обогащения свинцово-цинково-баритовой руды месторождения Западный, рекомендована для использования в промышленных условиях.

Оценка технико-экономической эффективности внедрения. Ожидаемая технико-экономическая эффективность внедрения результатов, проведенных исследований, достаточно высока, так как планируется использовать простые, экономически дешевые, высокопроизводительные гравитационные процессы обогащения. При этом предлагаемые технологические схемы обогащения исключают дорогостоящие операции рудоподготовки (мелкое дробление и измельчение) и значительно упрощают технологию их переработки. При использовании гравитационных методов обогащения, достигается довольно высокое извлечение свинца и цинка в концентрат.

Обоснованные цифры по технико-экономической эффективности внедрения результатов исследований могут быть определены после использования данных технологических схем в производстве.

Оценка научно-технического уровня выполненной работы. Научно-технический уровень выполненной научно-исследовательской работы сравним с лучшими достижениями в области переработки цветных металлов, так как разработанные схемы обогащения благодаря своей простоте и экономичности, позволяют вовлекать в переработку окисленные свинцово-цинково-баритовые руды.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Отчет по результатам исследований на обогатимость пробы окисленной полиметаллической руды месторождения «Западный» АО «Жайремского ГОК». – ТОО «Казцинк», Зыряновск, 2011 г.
2. Студенцов В.В. Клец А. Горно-металлургический комплекс Республики Казахстан. – Алматы, 1997.
3. Смирнов С.С. «Зона окисления сульфидных месторождений». – М.: АН СССР, 1951.
4. Полькин С. И., Адамов Э. В. Обогащение руд цветных металлов. – М.: Недра, 1983.
5. Абрамов А. А., Леонов С. Б. «Обогащение руд цветных металлов». – М.: Недра, 1991.
6. Абрамов, А. А. Технология переработки обогащения руд цветных металлов – М.: МГГУ, 2005. – Кн. 1.
7. Абрамов, А. А., С. Б. Леонов Обогащение руд цветных металлов. – М.: Недра, 1991.
8. Алгебраистова Н. К. Технология обогащения руд цветных металлов. – ИПК СФУ, 2009.
9. Справочник по обогащению руд. М.: – Недра, 1982. – Т. 1.
10. Авдохин В.М. Основы обогащения полезных ископаемых. – М.: МГГУ, 2006.
11. Шохин В.Н. Гравитационные методы обогащения. – М.: Недра, 1993.
12. Берт Р.О. Технология гравитационного обогащения. – М.: Недра, 1990.
13. Абрамов, А. А. Технология переработки обогащения руд цветных металлов. – МГГУ, 2005. – Кн. 2.
14. Мокроусов В.А., Лилеев В.А. Радиометрическое обогащение нерадиоактивных руд. – М.: Недра, 1979.
15. Абрамов, А. А. Обогащение руд цветных и редких металлов в странах Азии, Африки и Латинской Америки. – М.: Недра, 1991.
16. Справочник по обогащению руд. – М.: Недра, 1984.
17. Шубов Л.Я. Флотационные реагенты в процессах обогащения минерального сырья. – М.: Недра, 1990.
18. Абрамов А.А. Флотационные методы обогащения. – М.: Недра, 1984.
19. Митрофанов С.И. Исследование полезных ископаемых на обогатимость. – М.: Госгортехиздат, 1962.
20. Леонов С.Б., Белькова О.Н. Исследование полезных ископаемых на обогатимость. – М.: Интернет инжииринг, 2001.
21. Райвич И.Д. Отсадка крупнокусовых руд. – М.: Недра, 1988.

Список опубликованных работ

1. А.К. Букпанов, Ш.А. Телков, И.Ю. Мотовилов. Изучение вещественного и гранулометрического состава окисленной свинцово-цинково-баритовой руды открытой добычи карьера западный. //«Сатпаевские чтения - 2020»: И С21 – Алматы: КазННТУ имени Сатпаева, 2020. – 500-503 с.

2. А.К. Букпанов, Ш.А. Телков, И.Ю. Мотовилов. Отработка технологии предварительного обогащения окисленной свинцово-цинково-баритовой руды открытой добычи карьера Западный с использованием гравитационных процессов. //«Сатпаевские чтения -2021»: И С21 – Алматы: КазННТУ имени Сатпаева, 2021. – 892-895 с.



SATBAYEV
UNIVERSITY

КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМ. К.И. САТПАЕВА



СЕРТИФИКАТ

«САТПАЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ - 2020»

Секция: «Современное развитие технологий в обогащении полезных ископаемых
и металлургии»

Авторы: БУКПАНОВ А.К., ТЕЛКОВ Ш.А., МОТОВИЛОВ И.Ю.

Тема: «Изучение вещественного и гранулометрического состава окисленной свинцово-цинково-баритовой руды
открытой добычи карьера западный»

Директор ИМнПИ



Г.С. Турысбекова

А.К. Букпанов, Ш.А. Телков, И.Ю. Мотовилов	499
Изучение вещественного и гранулометрического состава окисленной свинцово-цинково-баритовой руды открытой добычи карьера западный	
А.Е. Ильясов, А.О. Байконурова, Б.Н. Суримбаев	504
Сравнение механической стойкости дробленых активированных углей	
С.К. Исак, Л.Т. Бошкаева, М.К. Мырзакулов, С.С. Алдабергенова	506
Анализ состояния титановой промышленности казахстана и определение возможных путей решения её проблемы	
Д.Н. Кайсенов, Г.А. Усольцева, А.О. Байконурова	510
К вопросу электрохимической переработки вторичных медно-никелевых сплавов	
В.А. Карелин, В.В. Шагалов, Н.В. Карелина, Ш.Х. Ле	514
Разработка технологии флотационного обогащения титаносодержащих песков	
А.Т. Мамутова, Т.А.Чепуштанов	519
Физико-химические исследования слитков титанового сплава тройного перепада $ti-10v-2fe-3al$ произведенного методом вакуумно-дуговой плавки	
М.А. Мендеке, А.М. Хамитов, Ө.С. Байгенженев	524
Мыстың сульфидтік кендерін гидрометаллургиялық әдіспен өңдеу технологиясын зерттеу	
Т.С. Набиев, С.М. Рахимбаев, К.К. Мамырбаева	527
Выщелачивание меди из хвостов выщелачивания руд	
А.С. Ниязалы, Ғ.Ж. Парсаханов, С.С. Коныратбекова	531
Изотерма сорбции меди из сернокислых растворов	
А. Ж. Нұрсапарова, Т.А. Чепуштанова, В.А. Луганов, Г.Д. Гусейнова, Е.С. Меркибаев	534
Технология переработки пиритных концентратов, получаемых при обогащении хвостов мокрой магнитной сепарации ао «ссппо»	
А. Ж. Нұрсапарова, Т.А. Чепуштанова, В.А. Луганов, Г.Д. Гусейнова, Е.С. Меркибаев	538
Технико-экономическая оценка технологии удаления мышьяка из упорных золотомышьяковых концентратов	
Р.С. Омар, Ш.А.Телков, И.Ю.Мотовилов	542
Темірқұрамды кендердің гравитациялық байытылуын зерттеу	
Т.Ж. Саукен, Г.Ж. Молдабаева	546
Исследования по применению ферросплавных шлаков в глиноземном производстве	
Д.Г. Шомытова, З.Т. Ануарбекова, А.М. Достаева	550
Никель-хром-алюминий системасының катпарлы жабындарының термиялық тұрақтылығын зерттеу	
<i>Секция «Инновационная техника и предикативные технологии технического обслуживания и ремонта» подсекция 2</i>	
Г.К.Аканова, С.А.Заурбеков	554
Совершенствование конструкции клапанного узла штанговых скважинных насосов	
Б.М. Амангелдиев, С.А. Заурбеков	558
Расчет внешних характеристик гидродинамических тормозов	
Р. Болат, С.А. Бортебаев, Р.З. Тагауова	561
Ортадан тепкіш сорғының параметрлерін зерттеуге арналған сынақ стендін жасау.	
Б.С. Естемес, А.Е. Утегенова, А.Б. Байсакалов	566
Инновационные технологии изготовления рукавов высокого давления.	
А.Ж. Әбілғазы, Бортебаев С.А.	570
Фибробетоннан ортадан тепкіш сорғы корпусын құю технологиясы	
А.Е. Жамбасова, Б.С.Бейсенов, Е.Е.Сарыбаев	574
Повышение кавитационной стойкости улиток центробежных насосов	
Ж. Жүргенбекқызы, Б.З. Калиев, Т.Д.Карманов, Т.А.Куандыков	578
Применение эрлифта при бурении технологических скважин.	
А.Е. Игбаева, К.К.Елемесов, С.А. Бортебаев, Д.Д. Басқанбаева, Е.Е. Сарыбаев.	583
Методика проведения экспериментальных исследований параметров центробежного насоса с корпусом из фибробетона	
А.А.Казамбаева, С.А. Заурбеков	589
Способ повышения контактной долговечности подшипников качения.	
D.L. Kolosov, S.V. Onyshchenko	593
Stresses in elastic shell of rubber-cable tractive element during mutual shear displacement of cables.	

ИЗУЧЕНИЕ ВЕЩЕСТВЕННОГО И ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ОКИСЛЕННОЙ СВИНЦОВО-ЦИНКОВО-БАРИТОВОЙ РУДЫ ОТКРЫТОЙ ДОБЫЧИ КАРЬЕРА ЗАПАДНЫЙ

Аннотация. В работе представлены результаты изучения вещественного и гранулометрического состава окисленной свинцово-цинково-баритовой руды открытой добычи карьера Западный.

Минеральный состав окисленной свинцово-цинково-баритовой руды представлен следующими минералами: рудными минералами являются пирит ~ 8,6 %, сфалерит ~ 6,6 %, галенит ~ 1,1 %. Нерудные минералы представлены кварцем ~ 58,7 %, каолинитом ~ 23,1 %, слюдой ~ 1,8 % и баритом ~ 1,5 %.

Минералогическим анализом установлено, что зерна рудных минералов образуют агрегатную вкрапленность. Наличие агрегатной вкрапленности позволяет утверждать, что для обогащения окисленной свинцово-цинково-баритовой руды, возможно, применение гравитационных методов обогащения (отсадка, концентрация на столе) для получения черновых концентратов.

Изучение гранулометрического состава показали, что выхода классов крупностью крупнее 0,071 мм составили 53,87 %, а основная масса руды представлена классом крупности менее 0,071 мм.

Ключевые слова: карьер Западный, минералогический анализ, ситовой анализ, барит, свинец, серебро, цинк.

Жайремское месторождение полиметаллических руд относится к наиболее крупным мировым месторождениям свинца, цинка и барита. До 1993 года на участках Дальнезападный и Западный велась промышленная добыча руд, которые в дальнейшем обогащались на Кентауской и Текелийской обогатительных фабриках. С 1993 – 1994 года прошлого столетия, добыча полиметаллических руд на месторождении Жайрем (карьеры Дальнезападный и Западный) была временно прекращена, а карьеры были законсервированы [1].

В последнее время на мировом рынке свинца и цинка сложилась благоприятная рыночная конъюнктура для возобновления добычи и организации собственного обогатительного производства по обогащению полиметаллических руд в условиях Жайремского ГОКа, с дальнейшей металлургической переработкой.

В настоящее время намечено осуществлять предварительное гравитационное обогащение руд карьера Западный, с получением тяжелых концентратных фракций и их дальнейшей доводкой флотационным методом с получением кондиционных концентратов.

Авторами работы выполнены исследования по изучению вещественного и гранулометрического состава окисленной свинцово-цинково-баритовой руды открытой добычи карьера Западный, с целью получения исходных данных для выбора направления дальнейших технологических исследований на обогатимость.

Изучение вещественного и химического состава

На пробе окисленной свинцово-цинково-баритовой руды были выполнены исследования по изучению вещественного и химического состава, а также проведено минералогическое описание рудных минералов.

Вещественный состав изучался рентгено-дифрактометрическим анализом на автоматизированном дифрактометре ДРОН-3 с $СuK\alpha$ – излучением, β -фильтр. Результаты полуколичественного рентгенофазового анализа (табл.1).

Таблица 1 - Результаты полуколичественного рентгенофазового анализа

Минерал	Формула	Концентрация, %
Кварц	SiO_2	58.7
Каолинит	$Al_2(Si_2O_5)(OH)_4$	23.1
Пирит	FeS_2	8.6
Сфалерит	ZnS	6.6
Слюда	$KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$	1.8
Барит	$BaSO_4$	1.5
Галенит	PbS	1.1

По результатам химического анализа, содержания в пробе руды поступившей на исследование составили: свинца 1,76 %, цинка 1,62 %, барита 1,54 %, серебра 9,33 г/т.

Минералогическое описание рудных минералов

Богатая тонкозернистая барит-галенит-сфалерит-пиритовая руда, представленная тонкими чередующимися пирит-сфалеритовыми, пирит-галенит-сфалерит-баритовыми и углисто-кремнисто-известковыми прослоями.

Пирит образует тонкую сыпь, бесформенные сгустки, почки и т.п., реже послойные скопления кристаллов и отдельные вкрапления. Нередки мета коллоидные образования – сферолиты, образованные за счет переотложения глобулярного пирита, рисунок 1 а.

В густо вкрапленных и сплошных пирит-сфалеритовых прослоях сфалерит заполняет пространства между глобулами пирита, цементируя их без явлений разъедания. Иногда сфалерит выделяется по микротрещинкам пересекающим пирит-сфалеритовые-баритовые прослои, где он образует мономинеральные агрегаты.

Галенит образует вкрапления размером до 0,2 мм в пирит-сфалеритовых слойках, выделяется между глобулами пирита, цементируя их, рисунок 1 б.

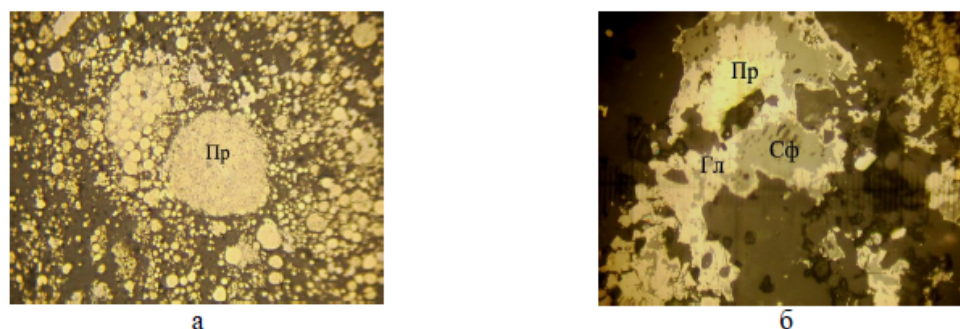


Рисунок 1 – а) мономинеральные образования глобулярного пирита (сферолиты); б) колломорфно-зональные агрегаты состоящие из пирита, сфалерита и галенита; ув.160

Результаты изучения вещественного состава показывают, что кусочки пробы представляют собой богатую тонкозернистую барит-галенит-сфалерит-пиритовую руду, состоящую из чередования пирит-сфалеритовых, пирит-галенит-сфалерит-баритовых и углисто- кремнисто-известковых прослоев.

Рудные минералы - глобулярный пирит, сфалерит, галенит. Зерна рудных минералов измеряются тысячными и сотыми долями миллиметра, образуют агрегатную вкрапленность. Сульфидам свойственны теснейшие срастания между собой, а также с

породообразующими минералами.

Исследования по изучению гранулометрического состава.

Изучение гранулометрического состава выполнялось мокрым ситовым анализом путем перемешивания навески дробленой руды до крупности 60 мм в цилиндрической емкости объемом 15 литров, в течение 15 минут, при соотношении Ж : Т = 4 : 1, с последующим рассевом и промывкой каждого класса крупности [2,3]. Полученные классы крупности подвергались разделке с отбором проб на химический анализ, в которых определялись содержания свинца, цинка, барита и серебра. Результаты сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Гранулометрический состав и характер распределения свинца, цинка, барита и серебра по классам крупности

Классы крупности, мм	Выход, %	Содержание, %				Извлечение, %			
		Pb	Zn	BaSO ₄	Ag, г/т	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag
80 – 40	6,40	0,90	2,38	0,52	1,00	3,28	9,42	2,16	0,69
40 – 20	11,94	2,23	3,04	0,50	11,40	15,16	22,46	3,87	14,58
20 – 14	7,30	2,61	2,50	0,68	11,60	10,85	11,29	3,22	9,07
14 – 8	5,95	2,70	2,84	1,06	11,90	9,15	10,45	4,09	7,59
8 – 5	2,98	2,16	2,56	0,92	12,00	3,67	4,72	1,78	3,83
5 – 2,5	3,71	2,61	2,20	1,52	10,90	5,51	5,05	3,65	4,33
2,5 – 1,5	1,97	2,88	2,49	2,48	13,20	3,23	3,03	3,16	2,79
1,5 – 0,63	3,70	3,78	3,09	4,27	12,20	7,96	7,07	10,23	4,84
0,63 – 0,315	2,80	3,12	2,77	5,04	11,10	4,97	4,80	9,14	3,33
0,315 – 0,16	2,97	3,69	2,34	4,68	16,70	6,24	4,30	9,00	5,31
0,16 – 0,071	4,15	2,25	1,27	4,30	13,70	5,32	3,26	11,56	6,09
0,071 – 0,04	2,55	2,27	1,08	5,17	7,80	3,30	1,70	8,54	2,13
0,04 – 0,03	2,35	4,04	1,44	9,21	14,50	5,41	2,10	14,02	3,65
0,03 – 0,02	5,43	0,95	0,54	1,84	7,20	2,94	1,82	6,47	4,19
0,02 – 0,01	14,89	0,79	0,42	0,72	6,20	6,70	3,87	6,94	9,89
0,01 – 0,0	20,91	0,53	0,36	0,16	7,90	6,31	4,66	2,17	17,69
Итого	100,0	1,76	1,62	1,54	9,33	100,0	100,0	100,0	100,0

Результаты мокрого ситового анализа показывают, что:

Выход суммарного машинного класса крупностью 80 – 1,5 мм составил 40,25 % со средним содержанием свинца 2,22 %, цинка 2,67 %, барита 0,84 % и серебра 9,92 г/т, при извлечении свинца 50,85 %, цинка 66,42 %, барита 21,93 % и серебра 42,88 %.

Количество класса крупностью 1,5 – 0 мм, по ситовому анализу, составило большую часть 59,75 %, при извлечении свинца 49,15 %, цинка 33,58 %, барита 78,07 % и серебра 57,12 % и содержания свинца 1,45 %, цинка 0,91 %, барита 2,01 % и серебра 8,92 г/т

Выход класса крупностью 0,071 – 0,0 мм составил 46,13 % со средним содержанием свинца 0,94 %, цинка 0,50 %, барита 1,27 % и серебра 7,59 г/т, при извлечении свинца 24,66 %, цинка 14,15 %, барита 38,14 % и серебра 37,55 %, т.е. практически половина руды представлена тонкими шламами.

На основании результатов изучения вещественного и гранулометрического состава окисленной свинцово-цинково-баритовой руды можно сделать следующие основные выводы:

В пробе руды рудные минералы представлены глобулярным пиритом, сфалеритом, галенитом. Зерна рудных минералов измеряются тысячными и сотыми долями миллиметра, образуют агрегатную вкрапленность. Сульфидам свойственны теснейшие срастания между собой, а также с породообразующими минералами. Количественное соотношение сульфидов в руде примерно одинаковое.

- наличие агрегатной врапленности позволяет утверждать, что для обогащения окисленной свинцово-цинково-баритовой руды, возможно, применение гравитационных методов обогащения (отсадка, концентрация на столе) для получения черновых концентратов [4];

- изучения гранулометрического состава показали, что выхода классов крупностью крупнее 0,071 мм составили 53,87 %, в который извлекается свинца 75,34 %, цинка 85,85 %, серебра 62,45 % и барита 61,86 %, основная масса руды представлена классом крупности менее 0,071 мм;

- дальнейшие исследования будут направлены на изучение гравитационной обогатимости окисленной свинцово-цинково-баритовой руды с использованием процесса отсадки машинных классов крупности 80 – 14 мм, 14 – 1,5 мм и концентрации на столе класса 1,5 – 0,0 мм.

Литературы:

1. Студенцов В.В. Клец А. Вопросы теории и практики обогащения руд. /Кн. Горно-металлургический комплекс Республики Казахстан // Анализ, запасы, технологии. – Алматы: Информационно-аналитический центр геологии, экологии и природных ресурсов Республики Казахстан, 1997.

2. Митрофанов С.И. Исследование полезных ископаемых на обогатимость. -М.: Госгортехиздат, 1962.

3. Леонов С.Б., Белькова О.Н. Исследование полезных ископаемых на обогатимость. - М.: Интермет инжиниринг, 2001.

4. Королев Н.А., Венгер М.К., Королев И.А., Возная А.А. Использование технологической минералогии при разработке схем обогащения // Вестник Сибирского государственного индустриального университета, 2018 – С. – 27-31.

А.Қ. Букпанов, Ш.А. Телков, И.Ю. Мотовилов*, И.Ю. Мотовилов

Западный карьерінде ашық кен өндіру әдісімен алынған, тотыққан қорғасын-мырыш-барит кенінің заттық және гранулометриялық құрамын зерттеу

Аңдатпа. Жұмыста Западный карьерінде ашық кен өндіру әдісімен алынған, тотыққан қорғасын-мырыш-барит кенінің заттық және гранулометриялық құрамын зерттеу нәтижелері ұсынылған.

Тотыққан қорғасын-мырыш-барит кендерінің минералды құрамы келесі минералдармен ұсынылған: кен минералдары пирит ~ 8,6 %, сфалерит ~ 6,6 %, галенит ~ 1,1 %. Бос жыныс минералдары кварц ~ 58,7 %, каолинит ~ 23,1 %, слюда ~ 1,8 %, барит ~ 1,5 %.

Минералогиялық талдаумен кен минералдары дәндерінің агрегаттық сеппелік құрайтыны анықталды. Агрегаттық сеппеліктің болуы тотыққан қорғасын-мырыш-барит кендерін байыту үшін, қара концентраттарды алу үшін гравитациялық байыту әдістерін (бөлектеу, үстелде концентрация) қолдануға мүмкіндік береді.

Гранулометриялық құрамды зерттеу нәтижесінде 0,071 мм ірілігі жоғары кластардың шығуы 53,87 % құрады, ал кеннің негізгі массасы 0,071 мм кем ірілік класпен ұсынылған.

Түйінді сөздер: Западный карьері, минералогиялық талдау, электік талдау, барит, қорғасын, күміс, мырыш.

A.K. Bukpanov, Sh.A. Telkov, I.Y. Motovilov*, I.Y. Motovilov

The development of mineral processing technology of oxidised lead-zinc-barite ore types and determination of the indicators through using gravity extraction process.

Annotation. In paper presented the results of oxidised lead-zinc-barite ore's grading measures and provided investigations on material composition of Zapanyi quarry.

Mineral composition of oxidised lead-zinc-barite ore is represented by following minerals: ore minerals pyrite - 8,6, sphalerite - 6,6, galena - 1,1. Not ore body types minerals quartz - 58,7, kaolinite - 23,1, mica - 1,8 and barite - 1,5.

By mineralogy analysis settled that grains of ore minerals form an aggregate impregnation. In order to get rough concentrate, it is estimated that the presense of aggregation impregnation might claim lead-zinc-barite ores can be recovered through gravity separation processes (jigging and concentration table).

Grading investigation elucidated that pulling out the particles bigger than 0,071 mm conducted 53,87 per cent and main body comes from thinner classes than 0,071 mm respectively.



КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. К.И. САТПАЕВА

САТБАЕВ
УНИВЕРСИТЕТИ



SATBAYEV
UNIVERSITY

СЕРТИФИКАТ

«САТПАЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ - 2021»

Секция: «Современное развитие технологий в обогащении полезных
ископаемых и металлургии»

Авторы: А.К. БУКПАНОВ., Ш.А. ТЕЛКОВ., И.Ю. МОТОВИЛОВ

Тема: Отработка технологии предварительного обогащения окисленной свинцово-цинково-
баритовой руды открытой добычи карьера Западный с использованием гравитационных
процессов

Директор института МнПИ

К.К. Елемесов

Ө.Н. Аманкелді, А.К. Сабержанова, К.С.Тогизов. Связь приповерхностных и глубинных структур земной коры рудного Алтая по данным комплексных глубинных геофизических исследований	812
Б.С. Аман, Ж. Г. Ермекбай, Л.Д. Исаева. Геофизические исследования скважин (ГК) на месторождении Сарыбулак (Северный Казахстан)	816
Г. А. Артуров, Г. К. Умирова. Методика определения пористости продуктивных горизонтов в меловом и юрском комплексах месторождения Каражанбас	820
Д.А. Дуйсенова, С.А. Истекова. Геофизические исследования при оценке перспектив газоносности Чу-Сарысуйской депрессии в Южном Казахстане	824
Д.С. Раушанбек, Р.Г. Темирганова. Роль и важность развития метрологического обеспечения ядерно-геофизических методов каротажа (ЯГМК) на урановых месторождениях пластово-инфильтрационного типа	828
Д.С. Каиров, А.Е. Абетов. Технология полевых сейсморазведочных работ МОГТ 3Д и методика обработки полученных данных по площади Жартобе	832
Е. Т. Мукашбеков, А. Шарапатов. Применение геофизических методов для оценки состояния гидротехнических сооружений (на примере земляной плотины)	836
И.А. Турдибаев, Р.Г. Темирганова. Влияние змс и глубины заложения ВВ на качество сейсмической записи на примере данных Шу-Сарысуйского осадочного бассейна	840
Н.Б. Жоныс, Д.Зинединов, Г.К. Умирова. Информативность комплекса геофизических методов при выделении зон, перспективных на полиметаллические и железо-марганцевые руды на месторождений полиметаллов центрального Казахстана	844
Н.Б. Оңайбек, С.А. Истекова. Особенности комплексной интерпретации геофизических данных для структурного картирования продуктивных нефтегазоносных горизонтов участка Кен-Ай-Ойл	848
Н. И. Есполова, Н. А. Асирбек, А. Шарапатов, Е. Е. Тайкулаков. Результаты интерпретации керновых материалов как этап подготовки к сейсмофациальному анализу терригенных отложений-коллекторов Южного Мангышлака	853
Т. Б. Мендыбаев, Н. И. Есполова, М.С. Серікбай, Н. А. Асирбек, А. Шарапатов. Генерализованные геолого-геофизические сведения урановых месторождений Шу-Сарысуйской депрессии	859

Секция «Современное развитие технологий в обогащении полезных ископаемых и металлургии»

Абдыкирова Г.Ж., Амангельды Т.М., Акказина Н.Т. Конверторлық шлақтың температуралық режимінің мыс және темір сульфид кристалдарының түзілу процесіне әсері	863
Абжамиева Н.Б., Рыспаева М.Б. Интенсификация процессов очистки сточной воды от угольного шлама методом ультрафлокуляции	867
Агилбаева Д.Н., Мотовилов И.Ю., Ли Э.М. Исследование кинетики флотации свинцового цикла полиметаллической руды	872
Алтынбек А.Д., Бектай Е.К., Турысбекова Г.С., Шидерин Б.Н. Кинетика окисления железа в урановых растворах	876
Арстанова А.А., Телков Ш.А., Мотовилов И.Ю., Барменшинова М.Б. Изучение вещественного и гранулометрического состава свинцово-цинковой руды месторождения Шалкия	879
Бекишев А.К., Барменшинова М.Б. Изучение физико-механических свойств представительной пробы руды месторождения Космурун	883
Беркинбаева А.С., Тагаева А.Ж. Уран өндіруші ЖШС «Қаратау» кәсіпорынының қоршаған ортаға әсерін бағалау және табиғи-климаттық, геоэкологиялық сипаттамасы	887
Букпанов А.К., Телков Ш.А., Мотовилов И.Ю. Отработка технологии предварительного обогащения окисленной свинцово-цинково-баритовой руды открытой добычи карьера Западный с использованием гравитационных процессов	892
Дарибаева А.А., Муханова А.А. Совершенствование технологии селекции медно-молибденового концентрата с применением микроэмульсионных реагентов	896
Е.Ф. Дерид, Е.А. Оспанов, А.А. Шахалов, Л.А. Суворова, А.А. Жайсан. Разработка комплексной гидрометаллургической технологии переработки некондиционных медных концентратов и свинцовых пылей	900
Елмуратов А.Е. Выбор промывочного раствора для повышения сорбционной ёмкости сорбента	905
Ерен Е., Көшімбаев Ш.К. Мыс концентратын электрбалқытуға арналған шихта дайындау процессінің математикалық моделін құру	907
Ескалина К.Т., Коныратбекова С.С., Brajendra Mishra	911
Экстракционное концентрирование золота из хвостов обогащения	
Файзулла О.Қ., Байгенженов Ө.С., Тойшыбек А.М. Титан диоксидін шаймалауға органикалық қоспалардың әсері	914
Горошилов А.И., Мотовилов И.Ю., Телков Ш.А. Исследование принципиальной возможности	918

Key words: ground water, environmental problems, the method of leaching, Geoecology, soil, the atmosphere, the concentration.

УДК 622.7

¹А.К. Букпанов, ¹Ш.А. Телков, ¹И.Ю. Мотовилов*

Научный руководитель – И.Ю. Мотовилов, ассистент профессор, доктор PhD

¹Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)

motovilov88@inbox.ru

ОТРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ОБОГАЩЕНИЯ ОКИСЛЕННОЙ СВИНЦОВО-ЦИНКОВО-БАРИТОВОЙ РУДЫ ОТКРЫТОЙ ДОБЫЧИ КАРЬЕРА ЗАПАДНЫЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРАВИТАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ

Аннотация. В работе представлены результаты фракционного анализа и исследования по отработке технологии предварительного обогащения окисленной свинцово-цинково-баритовой руды открытой добычи карьера Западный с использованием гравитационных процессов.

Фракционным анализом установлено, что руда с гравитационной точки зрения является контрастной и легкообогащаемой.

Исследование по отработке технологии предварительного обогащения проведены по двум технологическим схемам. По первой схеме, обогащению подвергали машинные классы -80+14 мм, -14+1,5 мм и -1,5+0,0 мм. Вторая схема является аналогом первой схемы, и отличается тем, что машинный класс -1,5+0,0 мм не подвергается обогащению и напрямую подшихтовывается к черновым концентратам классов -80+14 мм и -14+1,5 мм.

Полученные результаты исследований по обогащению свинцово-цинково-баритовой руды окисленного сорта карьера Западный, показали, что по 2 технологической схеме технологические показатели выше, но при этом по 1 технологической схеме выход итогового концентрата меньше. Для обогащения свинцово-цинково-баритовой руды окисленного сорта карьера Западный, можно использовать обе технологические схемы обогащения.

Ключевые слова: фракционный анализ, отсадка, концентрационный стол, свинец, цинк, выход, содержание, извлечение

Месторождение «Жайрем» расположено на территории Жана-Аркынского района Карагандинской области в 340 км к юго-западу от г. Караганда и в 10 км к югу от поселка Жайрем. «Жайремский ГОК» – предприятие по добыче и переработке барит-полиметаллических руд на базе Жайремского месторождения. В 1976 г. началась добыча свинцово-цинково-баритовых руд месторождения Жайрем на участках Западный и Дальнезападный. Добытая свинцово-цинково-баритовая руда транспортировалась на расстояние более 1000 км на обогатительные фабрики, расположенные в городах Кентау и Текели [1].

В настоящее время намечено осуществлять предварительное гравитационное обогащение руд карьера Западный, с получением тяжелых концентратных фракций и их дальнейшей доводкой флотационным методом с получением кондиционных концентратов.

Авторами работы выполнены исследования по отработке технологии предварительного обогащения окисленной свинцово-цинково-баритовой руды открытой добычи карьера Западный с использованием гравитационных процессов.

Авторами доклада ранее был изучен минералогический, химический и гранулометрический состав окисленной свинцово-цинково-баритовой руды [2, 3]. При изучении минералогического состава было установлено наличие агрегатной вкрапленности

рудных минералов, что говорит о возможности применения гравитационных методов обогащения.

Проведены исследования по разработке двух вариантов технологических схем обогащения на следующих машинных классах крупности:

- машинные классы крупностью $-80+14$ мм и $-14+1,5$ мм – обогащение отсадкой, в воздушно-золотниковой отсадочной машине;

- машинный класс крупностью $-1,5+0,0$ мм – обогащение концентрацией на столе

Результаты ситового анализа пробы руды показаны на рисунке 1.

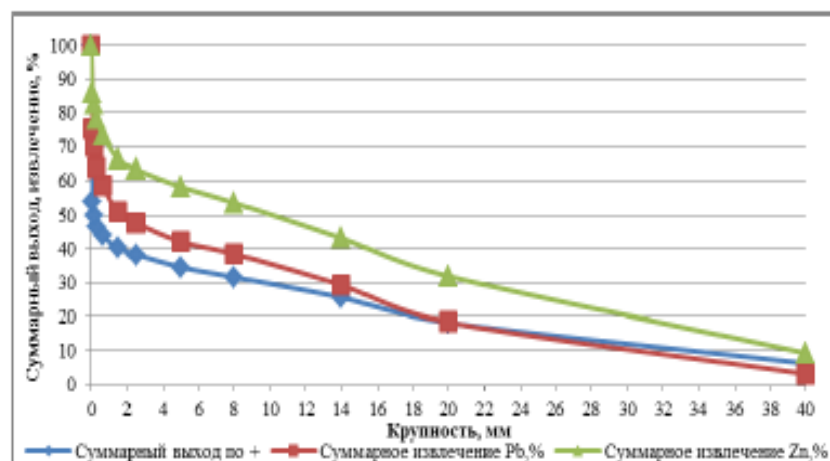


Рисунок 1 – Результаты ситового анализа

По результатам ситового анализа [4]:

Выход класса крупностью $-80+14$ мм составил 25,64 %, при извлечении свинца 29,29 %, цинка 43,17 %.

Выход класса крупностью $-14+1,5$ мм составил 14,61 %, при извлечении свинца 21,56 %, цинка 23,25 %. Выход суммарного машинного класса крупностью $-80+1,5$ мм составил 40,25 %, при извлечении свинца 50,85 %, цинка 66,42 %. Количество класса крупностью $-1,5+0,0$ мм, по ситовому анализу, составило большую часть 59,75 %, при извлечении свинца 49,15 %, цинка 33,58 %.

Фракционный анализ окисленной свинцово-цинково-баритовой руды

Результаты расслоения в тяжелой жидкости пробы руды приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Фракционный состав и распределение содержания свинца, цинка, по фракциям плотностью более 2750 кг/м³

Наименование	Выход, %		Содержание, %		Извлечение, % от класса		Извлечение, % от руды	
	Класса	Руды	Pb	Zn	Pb	Zn	Pb	Zn
$-80+0,071$ мм фракция $+2750$ кг/м ³	27,93	15,20	7,57	8,15	86,3	80,4	65,09	69,86
$-80+0,071$ мм фракция -2750 кг/м ³	72,07	38,67	0,48	0,78	13,7	19,6	10,39	17,13
Итого класс $-80+0,071$ мм	100	53,87	2,48	2,83	100	100	75,48	86,99
Класс $-0,071+0,0$ мм	-	46,13	0,94	0,5	-	-	24,52	13,01
Руда Pb-Zn-BaSO ₄	-	100,0	1,77	1,77	-	-	100,0	100,0

При разделении суммарного класса крупностью $-80+0,071$ мм, по плотности 2750 кг/м³, выход тяжелой концентратной фракции составил 15,20 % с содержанием свинца 7,57 %, цинка 8,15 %, при извлечении свинца 65,09 % и цинка 69,86 %.

Исследования по отработке технологии гравитационного обогащения окисленной свинцово-цинково-баритовой руды

Исследование проводилась по двум технологическим схемам обогащения, рисунок 2.

Параметры отсадки машинного класса крупностью $-80+14$ мм: частота пульсаций 65 кол/мин, амплитуда колебаний 90–100 мм, цикл пульсаций синусоидальный (50–0–50), высота естественной постели 250 мм, расход подрешетной воды $6 \text{ м}^3/\text{т}$ и удельная нагрузка $10 \text{ т/ч} \cdot \text{м}^2$.

Параметры отсадки машинного класса крупностью $-14+1,5$ мм: частота пульсаций 72 кол/мин, амплитуда колебаний 70 мм, цикл пульсаций синусоидальный (50–0–50), высота естественной постели 250 мм, расход подрешетной воды $4 \text{ м}^3/\text{т}$ и удельная нагрузка $8 \text{ т/ч} \cdot \text{м}^2$.

Для обогащения класса крупностью $-1,5+0,0$ мм использовался концентрационный стол типа СКО-0,5 завода «Труд» с удельной производительностью $0,5 \text{ т/ч} \cdot \text{м}^2$, при частоте колебаний 320 в минуту, амплитуде колебаний 7 мм.

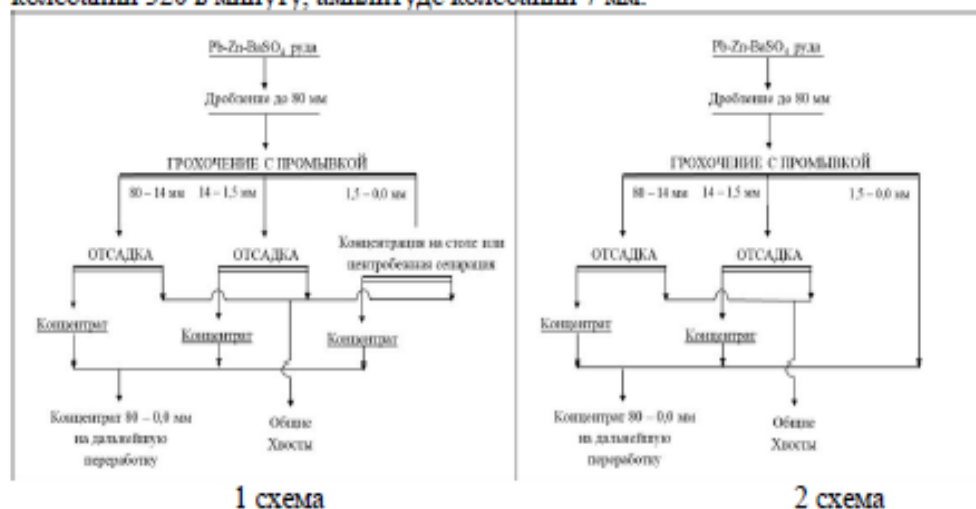


Рисунок 2 – Технологические схемы обогащения Pb - Zn - BaSO₄ окисленного сорта открытой добычи карьера Западный

В таблицах 2,3 приведены полученные технологические показатели по обрабатываемым схемам обогащения.

Таблица 2 – Баланс металлов по 1 схеме обогащения

Наименование продукта	Выход, %	Содержание, %				Извлечение от руды, %			
		Pb	Zn	BaSO ₄	Ag, г/т	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag, г/т
Концентрат класс $-80+14$ мм	10,32	5,63	7,12	1,82	24,29	33,57	47,7	11,14	21,53
Концентрат класс $-14+1,5$ мм	6,47	5,48	4,87	3,72	19,93	20,48	20,45	14,3	11,08
Концентрат класс $-1,5+0,0$ мм	11,95	3,92	2,41	5,29	17,9	27,06	18,69	37,61	18,35
Итого концентрат класс $-80+0,0$ мм	28,74	4,89	4,66	3,69	20,65	81,11	86,84	63,05	50,96
Итого хвосты	71,26	0,46	0,29	0,87	8,02	18,89	13,16	36,95	49,04
Руда $-80+0,0$ мм	100,0	1,73	1,54	1,68	11,65	100,0	100,0	100,0	100,0

Таблица 3 – Баланс металлов по 2 схеме обогащения

Наименование продукта	Выход, %	Содержание, %				Извлечение от руды, %			
		Pb	Zn	BaSO ₄	Ag, г/т	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag, г/т
Концентрат класс $-80+14$ мм	10,32	5,63	7,12	1,82	24,29	33,57	47,7	11,14	21,53
Концентрат класс $-14+1,5$ мм	6,47	5,48	4,87	3,72	19,93	20,48	20,45	14,3	11,08
Класс $-1,5+0,0$ мм	59,75	1,18	0,72	1,65	11,20	40,72	27,92	58,63	57,45
Итого концентрат класс	76,54	2,14	1,93	1,85	13,70	94,77	96,07	84,07	90,06

-80+0,0 мм									
Итого хвосты	23,46	0,39	0,26	1,14	4,94	5,23	3,93	15,93	9,94
Руда -80+0,0 мм	100,0	1,73	1,54	1,68	11,65	100,0	100,0	100,0	100,0

При обогащении по 1 схеме итоговый выход концентрата составил 28,74 % с содержанием свинца 4,89 %, цинка 4,66 %, при извлечении свинца 81,11 % и цинка 86,84 %, а по 2 схеме итоговый выход концентрата составил 76,54 % с содержанием свинца 2,14 %, цинка 1,93 %, при извлечении свинца 94,77 % и цинка 96,07 %.

На основании результатов фракционного анализа и гравитационного обогащения свинцово-цинково-баритовой руды можно сделать следующие основные выводы:

- по результатам фракционного анализа, свинцово-цинково-баритовую руду окисленного сорта карьера Западный, с гравитационной точки зрения, можно отнести к категории легкообогатимых;

- полученные результаты исследований по обогащению свинцово-цинково-баритовой руды окисленного сорта карьера Западный, доказали принципиальную возможность их обогащения с использованием гравитационных процессов, в частности процесса отсадки и концентрации на столах.

Литература

1 Отчет по результатам исследований на обогатимость пробы окисленной полиметаллической руды месторождения «Западный» АО «Жайремского ГОК», ТОО «Казцинк», Зыряновск, 2011 г.

2 А.К. Букпанов, Ш.А. Телков, И.Ю. Мотовилов. Изучение вещественного и гранулометрического состава окисленной свинцово-цинково-баритовой руды открытой добычи карьера западный. //«Сатпаевские чтения -2020»: И С21 – Алматы: КазНУ имени Сатпаева, 2020. – 492-495 с.

3 Королев Н.А., Венгер М.К., Королев И.А., Возная А.А. Использование технологической минералогии при разработке схем обогащения // Вестник Сибирского государственного индустриального университета, 2018 – С. – 27-35.

4 Леонов С.Б., Белькова О.Н. Исследование полезных ископаемых на обогатимость. - М.: Интермет инжиниринг, 2001.

¹А.К. Букпанов, ¹Ш.А. Телков, ¹И.Ю. Мотовилов*

Гравитациялық байыту процестерді қолдана отырып, Западнй карьерінде ашық кен өндіру әдісімен алынған, тотыққан қорғасын-мырыш-барит кенін алдын-ала байыту технологиясын пысықтау.

Аңдатпа. Жұмыста гравитациялық байыту процестерді қолдана отырып, Западнй карьерінде ашық кен өндіру әдісімен алынған, тотыққан қорғасын-мырыш-барит кенін алдын-ала байыту технологиясын пысықтау нәтижелері келтірілген.

Фракциялық талдау кенді гравитациялық тұрғыдан қарама-қарсы және оңай байытылатындығын анықтады.

Алдын ала байыту технологиясын жасау бойынша зерттеу екі технологиялық схема бойынша жүргізілді. Бірінші схема бойынша -80+14 мм, -14+1,5 мм және -1,5+0,0 мм машина сыныптары байытылды. екінші схема бірінші схеманың аналогы болып табылады және -1,5+0,0 мм машина класы байытылмайды және тікелей -80+14 мм және -14+1,5 мм кластардың өрескел концентраттарына қосылады.

Түйінді сөздер: фракциялық талдау, отсадка, концентрациялық үстел, қорғасын, мырыш, шығым, пайдалы компонент үлесі, бөліп алу дәрежесі

¹A.K. Bukpanov¹Sh.A. Telkov, ¹I.Y. Motovilov*

Development of the preliminary metallurgy enrichment technology of lead-zinc-barite ore on surface mining of the Zapadny open pit with using gravity processes

Annotation. The paper presents the results of the preliminary concentration technology of oxidized lead-zinc-barite ore on open pit surface mining “Zapadny” using gravitational processes.

Particle size distribution analysis have found that the ore from the gravitational point of view is contrasting and easy to get.



Метаданные

Название

Разработка технологии переработки свинцово-цинково-баритовой руды месторождения Западный

Автор

Букпанов Азамат Құсайынұлы

Научный руководитель

Игорь Мотовилов

Подразделение

ИМИПИ

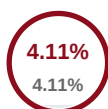
Список возможных попыток манипуляций с текстом

В этом разделе вы найдете информацию, касающуюся манипуляций в тексте, с целью изменить результаты проверки. Для того, кто оценивает работу на бумажном носителе или в электронном формате, манипуляции могут быть невидимы (может быть также целенаправленное вписывание ошибок). Следует оценить, являются ли изменения преднамеренными или нет.

Замена букв		2
Интервалы		0
Микропробелы		0
Белые знаки		0
Парафразы (SmartMarks)		20

Объем найденных подобиий

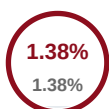
Обратите внимание! Высокие значения коэффициентов не означают плагиат. Отчет должен быть проанализирован экспертом.



КП1

25

Длина фразы для коэффициента подобиия 2



КП2

8593

Количество слов



КЦ

56598

Количество символов

Подобия по списку источников

Просмотрите список и проанализируйте, в особенности, те фрагменты, которые превышают КП №2 (выделенные жирным шрифтом). Используйте ссылку «Обозначить фрагмент» и обратите внимание на то, являются ли выделенные фрагменты повторяющимися короткими фразами, разбросанными в документе (совпадающие сходства), многочисленными короткими фразами расположенные рядом друг с другом (парафразирование) или обширными фрагментами без указания источника ("криптоцитаты").

10 самых длинных фраз

Цвет текста

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ И АДРЕС ИСТОЧНИКА URL (НАЗВАНИЕ БАЗЫ)	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)	
1	Исследование гравитационной обогатимости и разработка технологии переработки лежалых марганцевых хвостов с получением концентрата с содержанием марганца не менее 38%. Даруеш Галамат Султанбекулы 5/27/2019 Satbayev University (Г_М_И)	93	1.08 %
2	Исследование обогатимости и разработка технологии переработки окисленных свинцово-баритовых руд с использованием гравитационных процессов обогащения Бостандыков Асет Маликулы 5/25/2019 Satbayev University (Г_М_И)	26	0.30 %

3	Исследование гравитационной обогатимости и разработка технологии переработки лежалых марганцевых хвостов с получением концентрата с содержанием марганца не менее 38%. Даруеш Галамат Султанбекулы 5/27/2019 Satbayev University (Г_М_И)	20	0.23 %
4	Исследование обогатимости и разработка технологии переработки окисленных свинцово-баритовых руд с использованием гравитационных процессов обогащения Бостандыков Асет Маликулы 5/25/2019 Satbayev University (Г_М_И)	16	0.19 %
5	Исследование обогатимости и разработка технологии переработки окисленных свинцово-баритовых руд с использованием гравитационных процессов обогащения Бостандыков Асет Маликулы 5/25/2019 Satbayev University (Г_М_И)	14	0.16 %
6	Исследование обогатимости и разработка технологии переработки окисленных свинцово-баритовых руд с использованием гравитационных процессов обогащения Бостандыков Асет Маликулы 5/25/2019 Satbayev University (Г_М_И)	13	0.15 %
7	Исследование гравитационной обогатимости клинкера и определение оптимальных параметров его обогащения с использованием процесса отсадки Казиханова Анар Нигметовна 6/8/2018 Satbayev University (Г_М_И)	12	0.14 %
8	Исследование обогатимости и разработка технологии переработки окисленных свинцово-баритовых руд с использованием гравитационных процессов обогащения Бостандыков Асет Маликулы 5/25/2019 Satbayev University (Г_М_И)	11	0.13 %
9	Исследование гравитационной обогатимости клинкера и определение оптимальных параметров его обогащения с использованием процесса отсадки Казиханова Анар Нигметовна 6/8/2018 Satbayev University (Г_М_И)	10	0.12 %
10	Исследование обогатимости и разработка технологии переработки окисленных свинцово-баритовых руд с использованием гравитационных процессов обогащения Бостандыков Асет Маликулы 5/25/2019 Satbayev University (Г_М_И)	10	0.12 %

из базы данных RefBooks (0.00 %)



ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	----------	---

из домашней базы данных (4.01 %)



ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
1	Исследование обогатимости и разработка технологии переработки окисленных свинцово-баритовых руд с использованием гравитационных процессов обогащения Бостандыков Асет Маликулы 5/25/2019 Satbayev University (Г_М_И)	162 (18) 1.89 %

2	Исследование гравитационной обогатимости и разработка технологии переработки лежалых марганцевых хвостов с получением концентрата с содержанием марганца не менее 38%. Даруеш Галамат Султанбекулы 5/27/2019 Satbayev University (Г_М_И)	141 (6)	1.64 %
3	Исследование гравитационной обогатимости клинкера и определение оптимальных параметров его обогащения с использованием процесса отсадки Казиханова Анар Нигметовна 6/8/2018 Satbayev University (Г_М_И)	33 (4)	0.38 %
4	Разработка гидрометаллургической технологии переработки ванадийсодержащих руд Большого Каратау ДЖУМАНКУЛОВА САЛТАНАТ КАРАБАЕВНА 10/14/2020 Satbayev University (ИМИПИ)	9 (1)	0.10 %

из программы обмена базами данных (0.09 %)



ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)	
1	Физико-химические методы анализа вяжущих материалов Бахыт Таймасов, Татьяна Худякова, Мухтар Даулетияров 5/17/2019 M.Auezov South Kazakhstan State University (ВШ Химической инженерии и биотехнологии)	8 (1)	0.09 %

из интернета (0.00 %)



ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	ИСТОЧНИК URL	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	--------------	---

Список принятых фрагментов (нет принятых фрагментов)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	СОДЕРЖАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	------------	---

Протокол анализа Отчета подобия

заведующего кафедрой / начальника структурного подразделения

Заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения заявляет, что ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

Автор: Букпанов Азамат Құсайынұлы

Название: Разработка технологии переработки свинцово-цинково-баритовой руды месторождения Западный

Координатор: Игорь Мотовилов

Коэффициент подобия 1:4.1

Коэффициент подобия 2:1.4

Замена букв:2

Интервалы:0

Микропробелы:0

Белые знаки:0

После анализа отчета подобия заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения констатирует следующее:

- ☒ обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, работа признается самостоятельной и допускается к защите;
- ☐ обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- ☐ обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, работа не допускается к защите.

Обоснование:

Работа выполнена добросовестно и не содержит признаков плагиата.

Дата

Подпись заведующего кафедрой /

начальника структурного подразделения

Окончательное решение в отношении допуска к защите, включая обоснование:

Магистерская диссертация Букланова А.К. признается
самостоятельной работой. Обнаруженные заимствования
являются добросовестными и не образуют произведения
третьего. Допуск к защите

Дата

11-06-2021

зав. каф. М.О.П. Барменников М.Б.

Подпись заведующего кафедрой /

начальника структурного подразделения

Протокол анализа Отчета подобия Научным руководителем

Заявляю, что я ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

Автор: Букпанов Азамат Құсайынұлы

Название: Разработка технологии переработки свинцово-цинково-баритовой руды месторождения Западный

Координатор: Игорь Мотовилов

Коэффициент подобия 1:4.1

Коэффициент подобия 2:1.4

Замена букв: 2

Интервалы: 0

Микропробелы: 0

Белые знаки: 0

После анализа Отчета подобия констатирую следующее:

- ☒ обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите;
- ☐ обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- ☐ обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, не допускаю работу к защите.

Обоснование:

Заимствования добросовестные, допускаю к защите

10.06.2021

Дата



Подпись Научного руководителя

**ОТЗЫВ
НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ**

на магистерскую диссертацию
Букпанова Азамата Құсайынұлы
по специальности 7М07223– Металлургия и обогащение полезных
ископаемых

на тему: «Разработка технологии переработки свинцово-цинково-баритовой руды месторождения Западный».

В магистерской диссертации в необходимом объеме выполнен литературный обзор сырьевой базы полиметаллических руд и технологий их переработки в Республике Казахстан и в зарубежных странах, а также описаны основные методы предварительного обогащения. На основании этого грамотно выполнена постановка задач исследований.

В работе изучен химический, минералогический, гранулометрический состав, окисленных свинцово-цинково-баритовых руд. По результатам минералогического и гранулометрического состава исследуемой руды определены машинные классы для их гравитационного обогащения.

На основании полученной информации проведены исследования по обогащению машинных классов крупностью $-80 + 12$ мм, $-14 + 1,5$ мм с использованием процесса отсадки, а класс крупностью $-1,5+0,0$ мм подвергался обогащению на концентрационном столе.

Актуальность и ценность магистерской диссертации заключаются в разработке гравитационной технологии обогащения окисленных свинцово-цинково-баритовых руд, приемлемой для действующей гравитационной обогатительной фабрики АО «Жайремский ГОК» и определение технологических показателей обогащения.

Также можно отметить, что методики исследований, использованные в магистерской диссертации и в частности постановки опытов по отсадке и концентрации на столе, могут быть использованы в учебном процессе для развития навыков исследовательской работы у студентов.

Все вопросы, поставленные в магистерской диссертации, решены с достаточной полнотой и на основании этого магистерскую диссертацию можно считать законченной научно-исследовательской работой.

Основные результаты работы опубликованы в научных журналах.

Таким образом, по совокупности признаков магистерская диссертация Магистранта Букпанова Азамата Құсайынұлы соответствует предъявляемым требованиям, автор заслуживает оценки «Отлично» - 95 % и присуждения ему ученой степени магистра по специальности 7М07223– «Металлургия и обогащение полезных ископаемых».

Научный руководитель
Ассистент профессор, доктор PhD
«11» сентября 2021 г.



Мотовилов И.Ю.

РЕЦЕНЗИЯ

на магистерскую диссертацию

Букпанова Азамата Құсайынұлы

по специальности 7М07223– Металлургия и обогащение полезных
ископаемых

на тему: «Разработка технологии переработки свинцово-цинково-баритовой
руды месторождения Западный»

Выполнено:

а) графическая часть на 15 листах

б) пояснительная записка на 60 страницах

ХАРАКТЕРИСТИКА ДИССЕРТАЦИИ:

В магистерской диссертации в необходимом объеме выполнен литературный обзор сырьевой базы полиметаллических руд и технологий их переработки в Республике Казахстан и в зарубежных странах, а также описаны основные методы предварительного обогащения.

Магистрантом проведена грамотная постановка задач исследований.

Изучен химический, минералогический, гранулометрический состав, окисленных свинцово-цинково-баритовых руд. Исследован фракционный руды, который позволил оценить их гравитационную обогатимость. Результаты изучения вещественного, гранулометрического и фракционного составов позволили определить оптимальную крупность обогащаемых классов приемлемых для гравитационного обогащения.

Полученные результаты позволили магистранту грамотно провести исследования по отсадке и концентрации на концентрационном столе.

Достоинство магистерской диссертации заключается в разработке гравитационной технологии предобогащения свинцово-цинково-баритовой руды месторождения «Западный» с целью вовлечения их в переработку, которая приемлема для действующей гравитационной обогатительной фабрики АО «Жайремский ГОК».

Результаты магистерской диссертации апробированы на двух научно-практических конференциях:

- труды Сатпаевских чтений «Современное развитие технологий в обогащении полезных ископаемых и металлургии» Алматы 2020.

- труды Сатпаевских чтений «Современное развитие технологий в обогащении полезных ископаемых и металлургии» Алматы 2021.

Методики, использованные в рецензируемой магистерской диссертации и в частности постановки опытов по отсадке и концентрации на

столе, могут быть использованы в учебном процессе для развития навыков исследовательской работы у студентов.

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

К магистерской диссертации имеется ряд замечаний:

- 1) Работу можно было дополнить предварительными опытами по флотационному обогащению на исходной руде и после предварительного обогащения.

ОЦЕНКА РАБОТЫ

Проведенные исследования в данной диссертации сравнимы с хорошими достижениями в области переработки полиметаллического сырья предъявляемыми к данному виду научно-исследовательских работ, заслуживают оценки «отлично» – 92 % и присвоения автору работы степени магистра.

Рецензент

Старший научный сотрудник,
Филиал РГП «НЦКПМС РК»
Государственное научно-производственное
объединение промышленной экологии
«Казмеханобр», доктор PhD



Сурымбаев
Бауыржан Нуржанович

«09» июня 2021 г.

