

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

НАО Казахский национальный исследовательский технический университет имени
К.И.Сатпаева

Горно-металлургический институт имени О.А.Байконурова
Кафедра «Металлургия и обогащения полезных ископаемых»

Танабаева Алемгуль Жанарбековна

Разработка гравитационно-флотационной технологии обогащения окисленной свинцово-
баритовой руды месторождения Узынжал

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

ОП 7М07223-Металлургия и обогащение полезных ископаемых

Алматы 2023

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

НАО Казахский национальный исследовательский технический университет имени
К.И.Сатпаева

Горно-металлургический институт имени О.А. Байконурова

Кафедра «Металлургия и обогащения полезных ископаемых»

УДК 622.75/.77(043)

На правах рукописи

Танабаева Алемгуль Жанарбековна

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

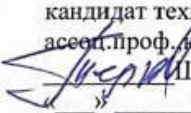
На соискание академической степени магистра

Название диссертации

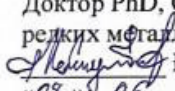
Разработка гравитационно-
флотационной технологии обогащения
окисленной свинцово-баритовой руды
месторождения Узынжал

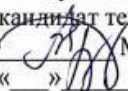
Направление подготовки

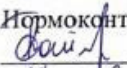
7М07223-Металлургия и обогащение
полезных ископаемых

Научный руководитель:
кандидат технических наук,
ассоц.проф. кафедры «МиОПИ»
 Ш.А.Телков
«08» 06 2023 г.

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
НАО «КазНТУ им.К.И.Сатпаева»
Горно-металлургический институт
им. О.А. Байконурова

Рецензент:
Доктор PhD, СНС лаборатории
редких металлов РГП «НЦ КПМС РК»
 Ф.К. Малдыбаев
«08» 06 2023 г.

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующая кафедрой «МиОПИ»,
кандидат технических наук, ассоц.проф.
 М.Б. Барменшинова
«08» 06 2023 г.

Иормоконтроль:
 А.Н. Таймасова
«08» 06 2023 г.

Алматы 2023

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

НАО Казахский национальный исследовательский технический
университет имени К.И. Сатпаева

Горно-металлургический институт имени О.А. Байконурова

Кафедра «Металлургия и обогащения полезных ископаемых»

7М07223 – Metallurgy and enrichment of useful minerals

УТВЕРЖДАЮ

Заведующая кафедрой МиОПИ,
Кандидат технических наук
М.В. Барменшинова
« » 2023 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение магистерской диссертации

Магистранту Танабаевой Алемгуль Жанарбековне

Тема: Разработка гравитационно-флотационной технологии обогащения окисленной
свинцово-баритовой руды месторождения Узынжал

Утверждена приказом Ректора Университета № 1779-М-п от «02»11.2023 г.

Срок сдачи законченной диссертации « 30 » мая 2023 г.

Исходные данные к магистерской диссертации: окисленные свинцово-баритовые руды

Перечень подлежащих разработке в магистерской диссертации вопросов:

а) Введение. Аналитический обзор;

б) Исследовательская часть;

в) Разработать технологическую схему обогащения окисленных свинцово-баритовых руд
с применением гравитационно-флотационных процессов обогащения;

г) Заключение;

д) Список использованной литературы;

Перечень графического материала: 19 слайдов

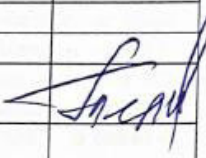
Рекомендуемая основная литература:

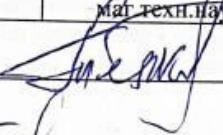
1 _Абрамов А.А. Переработка, обогащение и комплексное использование твердых
полезных ископаемых. Том 3. «Технология переработки и обогащения руд цветных
металлов». Москва, МГТУ, 2006.

ГРАФИК
подготовки магистерской диссертации

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки предоставления научному руководителю и консультантам	Примечание
Введение	05.02.2023	
Аналитический обзор литературы	12.02.2023	
Методика исследований	23.02.2023	
Экспериментальная часть	01.03.2023	
Заключение	25.05.2023	

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

Наименование раздела	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Введение	Ш.А.Телков канд.техн.наук, ассоц. профессор	05.02.2023	
Аналитический обзор литературы		12.02.2023	
Методика исследований		23.02.2023	
Экспериментальная часть		01.03.2023	
Заключение		25.05.2023	
Нормоконтролер	А.Н. Таймасова мат.техн.наук		

Научный руководитель  Телков Ш.А.

Задание принял к исполнению обучающийся  Танабаева А.Ж.

Дата «08» 06 2023 г.

АНДАТПА

"Ұзынжал" кен орнында мынадай табиғи кен сорттары бөлінді: құрамында 15% - ға дейін тотыққан қорғасын қосылыстары бар сульфидті кендер; құрамында 15% - дан 40% - ға дейін тотыққан қорғасын қосылыстары бар аралас кендер; құрамында 40% - дан астам тотыққан қорғасын қосылыстары бар тотыққан кендер. Қазіргі уақытта "Қазцинк ЖШС" Жәйрем КБК "АҚ жағдайында "Ұзынжал" кен орнының тотыққан қорғасын-барит кендерін өнеркәсіптік өндіруді және қайта өңдеуді бастауды жоспарлап отыр. Осыған байланысты құрамында кемінде 39% қорғасын бар қорғасын концентратын алу және байытудың гравитациялық-флотациялық схемасы бойынша кемінде 78-80% қорғасын алу мүмкіндігін айқындай отырып, әртүрлі минералдық құрамдағы "Ұзынжал" кен орнының кен сынамаларында зерттеулер жүргізу қажеттілігі туындады. Ол үшін біз зерттеуді машина сыныптарын фракциялық талдаудан бастадық.

Негізгі сөздер. гравитация, фракциялық талдау, тұндыру, қорғасын.

АННОТАЦИЯ

На месторождении «Узынжал» выделены следующие природные сорта руды: сульфидные руды с содержанием окисленных соединений свинца до 15 %; смешанные руды с содержанием окисленных соединений свинца от 15 % до 40 %; Окисленные руды с содержанием окисленных соединений свинца более 40 %. В настоящее время ТОО «Казцинк» планирует начать промышленную добычу и переработку окисленных свинцово-баритовых руд месторождения «Узынжал» в условиях АО «Жайремский ГОК». В связи с этим возникла необходимость проведения исследований на пробах руды месторождения «Узынжал» различного минерального состава, с определением возможности получения свинцового концентрата с содержанием свинца не менее 39 % и извлечением свинца не менее 78-80 % по гравитационно-флотационной схеме обогащения. Для этого начали исследование с фракционного анализа машинных классов.

Ключевые слова. гравитация, фракционный анализ, отсадка, свинец.

ABSTRACT

The following natural ore grades have been identified at the Uzynzhal deposit: sulfide ores with an oxidized lead compound content of up to 15%; mixed ores with an oxidized lead compound content of 15% to 40%; Oxidized ores with an oxidized lead compound content of more than 40%. Currently, Kazzinc LLP plans to start industrial production and processing of oxidized lead-barite ores of the Uzynzhal deposit in the conditions of JSC Zhayremsky GOK. In this regard, it became necessary to conduct research on ore samples of the Uzynzhal deposit of various mineral composition, with the determination of the possibility of obtaining lead concentrate with a lead content of at least 39% and lead extraction of at least 78-80% according to the gravity-flotation enrichment scheme. To do this, we started the study with a fractional analysis of machine classes.

Keywords. gravity, fractional analysis, separating time, lead.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	10
1 Аналитический обзор	12
1.1 Минералогические характеристики руд	12
1.2 Основные типы промышленных свинцово-цинковых месторождений	13
1.3 Технологии переработки свинцовых руд	14
1.4 Анализ литературного обзора и постановка задач исследований	18
2 Методика исследований	20
2.1 Гранулометрический анализ	20
2.2 Фракционный анализ и гравитационная обогатимость	20
2.3 Гравитационное обогащение	20
2.4 Флотационное обогащение	21
2.5 Выполнение химических анализов	21
2.6. Оформление отчета	21
3 Подготовка пробы к исследованиям, изучение вещественного состава, ситовой анализ	22
3.1 Подготовка пробы к технологическим исследованиям	22
3.2 Вещественный состав пробы руды месторождения «Узынжал»	23
3.2.1 Результаты химического анализа руды	23
3.3 Ситовой анализ	24
4 Исследование пробы руды гравитационным методом	26
4.1 Фракционный анализ машинных классов	26
4.2 Отсадка машинных классов крупностью -100+14 мм, -14+5 мм, -5+1,5 мм	31
4.2.1 Отсадка машинного класса крупностью -100+14 мм	31
4.2.2 Отсадка машинных классов крупностью -14+5 мм и -5+1,5 мм	32
4.2.3 Обогащение машинного класса крупностью -1,5+0,071 мм на центробежном концентраторе и концентрационном столе	33
4.2.4 Обогащение концентратов крупностью -100+14 мм, -14+1,5 мм и -1,5+0,071 мм измельченных до 50 % класса минус 0,071 мм на концентрационном столе	35
4.2.5 Минералогический анализ хвостов концентрационного стола от обогащения концентратов крупностью -100+14 мм, -14+1,5 мм и -1,5+0,071 мм измельченных до 50 % класса минус 0,071 мм	37
4.2.6 Суммарный баланс металлов гравитационного обогащения	38
5 Обогащение пробы руды флотационными методами	39
5.1 Флотационное обогащение хвостов гравитационного разделения	39
5.2 Гравитационное обогащение отвальных хвостов флотации на центробежном концентраторе	41
6 Технологическая схема обогащения и суммарный баланс металлов по гравитационно-флотационному обогащению руды 3-го типа месторождения Узынжал	43
6.1 Технологическая схема обогащения и баланс металлов	43
Заключение	

Список использованной литературы	47
Приложения А	49

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность. Известно, что в настоящее время с каждым годом спрос на свинец возрастает с каждым днем. Так как сырьевая база с каждым годом «беднеет», поступает спрос на доработки технологии по производству свинцового концентрата. Производят концентрат как из рудного сырья, так и из вторичных ресурсов. При этом извлеченный из вторсырья свинец составляет более половины всего произведенного во всем мире металла. Поскольку рециклинг цветных и черных металлов является не только разумным, но и экономически, экологически, производственно необходимым. Например, в последние годы в США более чем 80 % свинца получают путем вторичной переработки, а в Европе – более 60 %.

В окисленных и смешанных рудах сложны соотношения окисленных минералов с сульфидами и общие минеральные составы. На большинстве фабрик сульфидные и окисленные минералы флотируются отдельно, особенно если доля окисленных минералов превышает 40-50%. Сначала проводится сульфидная флотация, сначала флотируются сульфидные минералы, затем выделяют окислительные минералы. Как правило, в первую очередь сернистый церрусит флотируется после длительного смешивания с натрием, затем флотируется. После флотируется амин с каламином и смитсонитом. В связи с плохим сульфидированием окисленных минералов цинка иногда пульпа нагревается до 50-60°C. На нескольких зарубежных фабриках применяются схемы флотационно-гравитационного обогащения. В свинцово-цинковых рудах часто встречается барит BaSO_4 . Он обычно выделяется после флотации свинца и цинка. В качестве его сборника оксигидриловые реагенты используются в щелочной среде (pH 10-10,5). В Казахстане барит находится на месторождениях Карагайлы, Миргалимсай, Жайрем, Белоусовка.

Объектом исследования являлась окисленная свинцово-баритовая руда месторождения Узынжал.

На основании выше изложенного, **целью** магистерской диссертации является исследование гравитационно-флотационной обогатимости окисленных свинцово-баритовых руд и разработка оптимальной технологии их переработки.

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 и сепарации в центробежном поле сил;

- разработать технологическую схему обогащения окисленных свинцово-баритовых руд с применением гравитационных процессов обогащения.

В связи с выше изложенным, важной **актуальной** задачей является разработка технологий обогащения окисленных свинцово-баритовых руд с применением гравитационно-флотационных процессов обогащения.

Научная новизна работы. Впервые выполнены исследования по центробежной концентрации тонких классов окисленных свинцовых руд.

Практическая значимость. Возможности получения свинцового концентрата с содержанием свинца не менее 39 % и извлечением свинца не менее 78-80 % по гравитационно-флотационной схеме обогащения.

Результаты научно-исследовательских работ по разработке технологии гравитационно-флотационного обогащения пробы свинцово-цинковой руды представлены в настоящем отчете.

1 Аналитический обзор

1.1 Минералогические характеристики руд

Баритовые руды – это мелко-среднезернистые однородные породы мраморовидного облика, светло-серого или белого цвета, мозаичной структуры, как правило, массивной или, реже, неясно-полосчатой текстуры. Примерно на 95–97 об. % руда сложена таблитчатыми зёрнами барита. Из аксессуарных минералов присутствуют кварц, галенит, пирит, Cu-Fe-Ag сульфосоль, стильпномелан, пирофиллит, алюмоиноселадонит, альбит, калиевый полевой шпат, стронцианит, апатит и флюорит; среди гипергенных фаз – англезит и гётит. Местами в рудах наблюдаются серии секущих сегрегационных жил, выполненных крупными таблитчатыми кристаллами барита.

Свинец-баритовые руды представлены двумя разновидностями. Первая это структурно те же баритовые руды, но обогащённые галенитом, содержание которого достигает 1–3 об. %. Галенит более или менее равномерно рассеян в породе, а между баритовыми и галенит-баритовыми рудами существуют постепенные переходы. Вторая разновидность это прожилково-вкрапленные, гнездовидные, реже линзовидно-полосчатые скопления галенита и барита в серых известняках. Количество галенита здесь достигает 3–10 об. %. В зоне окисления этот минерал интенсивно замещается церусситом, при этом барит подвержен собирательной перекристаллизации, в результате чего руда приобретает церуссит-баритовый ($\pm$ реликты галенита) состав.

Минеральный состав окисленных свинцово-баритовых руд представлен следующими минералами: рудными минералами являются церуссит ~ 7,6 %, галенит ~ 5,3 %, которые заполняют промежутки между зёрнами барита. Встречаются редкие зерна гидроксида железа и идиоморфного пирита. Нерудные минералы представлены кварцем ~ 56,6 %, кальцитом ~ 10,5 %, мусковитом ~ 7,7 % и ортоклазом ~ 3,9 %. Минералогическим анализом установлено, что рудные минералы церуссит и галенит встречаются главным образом в зёрнах барита, который при крупности дробления исходной руды до 60 мм, наблюдаются в раскрытом виде. Данный факт позволяет утверждать, что для обогащения окисленных свинцово-баритовых руд, возможно, применение гравитационных методов обогащения (отсадка, концентрация на столе, центробежная сепарация) для получения черновых свинец содержащих концентратов.

1.2 Основные типы промышленных свинцово-цинковых месторождений

Полигенные стратиформные месторождения являются крупнейшими в мире по запасам барита и марганца, также по запасам свинца и цинка. В

минерально-сырьевом комплексе Республики Казахстан они имеют важнейшее значение и выделены в самостоятельный генетический Атасуйский тип. В статье в качестве эталонных для Атасуйского типа рассматриваются месторождения Жаильминской грабен-синклинали, в крупной рифтогенной структуры. Представлено геологическое строение стратиформного полиметаллического месторождения Бестобе, расположенное в восточной части Жаильминского синклинория. Показана стратиграфия рудных образований, особенности оруденения, морфология рудного тела и схема зональности распределения элементов в рудовмещающих породах месторождения Бестобе. Особенностью месторождения является: совмещение слоистых железорудных и свинцово-цинковых руд и наложенного на них цинково-свинцово-баритового оруденения; резко подчиненная роль гидротермально-осадочных руд в общих запасах свинца и цинка; сравнительное обилие сульфосолей свинца, меди и серебра. Анализ материалов свидетельствует о том, что оруденение на месторождении Бестобе является комплексным. Главную его ценность составляют полиметаллические руды. Роль железорудного оруденения месторождения незначительна. Марганцевое оруденение, практически, отсутствует. Полиметаллические руды условно подразделяются на свинцово-цинково-баритовые, свинцово-баритовые, баритовые и свинцово-цинковые. В баритах постоянной примесью является стронций. Свинец сосредоточен, в основном, в галените, незначительное его количество находится в геокроните, буланжерите, джемсоните, бурноните, церуссите, англезите, пироморфите, плюмбоарозите. Основная масса цинка сконцентрирована в виде сфалерита.

В рудах метасоматических месторождений соотношение свинца и цинка равно 1:0,8. Пустая порода представлена в основном кварцем и доломитом, присутствуют кальцит и сидерит (FeCO_3). Две трети всех запасов свинца и цинка находится в месторождениях колчеданного и стратиформного типов.

Колчеданные руды отличаются высоким содержанием пирита, реже пирротина, сложностью минерального состава и тонким взаимным прорастанием минералов. Колчеданные руды, как правило, полиметаллические: они помимо свинца содержат цинк и медь, золото, серебро, кадмий, реже олово и висмут, также барит, флюорит и пирит. Соотношение свинца и цинка в рудат этого типа обычно 1:2,4.

1.3 Технологии переработки свинцовых руд

Технология обогащения окисленных и смешанных свинцовых руд зависит не только от состава окисленных минералов и их флотуируемости в ряду: церуссит > англезит > вульфенит >> плюмбоарозит, но и от состава вмещающих пород. Легче всего обогащаются руды с силикатной породой,

хуже – с карбонатной. Наиболее трудно обогатимы руды, содержащие значительное количество железа. Поэтому применяется предварительное гравитационное обогащение в тяжелых суспензиях с отсадкой на винтовых сепараторах, позволяющее выделить часть породы в отвальные хвосты перед флотацией. Флотацию проводят после предварительной сульфидизации. Окисленные цинковые минералы флотируют после извлечения сульфидных и окисленных свинцовых минералов. В целом при обогащении обычно получают свинцовый, цинковый, пиритный, баритовый, а иногда медный, флюоритовый, реже оловянный и другие концентраты.

Качество свинцовых, цинковых и серноколчеданных концентратов в каждом конкретном случае регламентируется договором между поставщиком и перерабатывающими 25 металлургическими и химическими заводами или существующими ГОСТами и техническими условиями. Ранее в практике стран СНГ качество концентратов устанавливалось требованиями ГОСТов и ОСТов. Свинцовый концентрат выпускался восьми марок КС и пяти марок КС-А, а также в виде свинцового промпродукта (ППС) и свинцово-медного продукта (ПСМ), химический состав которых в пересчете на сухую массу должен был удовлетворять требованиям.

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.

Более широкое распространение имеют смешанные сульфидноокисленные руды, в которых содержится 15-80% свинца в виде окисленных минералов (в основном англезит и церуссит). Эти руды обогащаются флотацией по схемам двух типов в зависимости от соотношения сульфидных и окисленных свинцовых минералов:

1 По схеме раздельной флотации обогащаются руды, в которых соотношение сульфидных и окисленных форм свинца составляет 1:1. По такой схеме при небольших расходах сернистого натрия и собирателя флотируют галенит, а затем флотируют окисленные свинцовые минералы после сульфидизации сернистым натрием;

Большая концентрация сернистого натрия в пульпе обычно ухудшает процесс сульфидизации и свинцовые минералы могут даже подавляться, а селективность флотации резко снижается.

2 Наибольшее распространение получила схема совместной флотации галенита и окисленных минералов свинца после их сульфидизации. Если же в рудах преобладают окисленные минералы свинца, то совместная флотация ксантогенатом проводится после сульфидизации большим количеством сернистого натрия (100-200 г/т руды) [3,4].

Выбор рациональной схемы переработки полиметаллических руд имеет важное значение и, как правило, способствует повышению технологических показателей. Достигнуть этого можно разными путями, но ее структура тесно связана с характером вкрапленности сульфидных минералов и кинетикой их естественной флотуемости сульфгидрильными собирателями. Без подачи депрессора при $pH = 8 \div 9,5$ медные минералы флотируются несколько быстрее свинцовых. При применении цианида в сочетании с цинковым купоросом флотация халькопирита начинает существенно отставать от флотации галенита. Наличие вторичных минералов меди осложняет процесс селекции из-за растворения их в цианиде. Сульфокситные методы депрессии сфалерита и пирита, наоборот, способствуют более быстрой флотации медных минералов и несколько замедляют флотацию галенита.

Руды месторождений Джурково и Дружба в настоящее время перерабатываются в смеси на Лакинской обогатительной фабрике, входящей в состав Холдинга КЦМ-2000 Групп, по цианидной технологии с получением свинцового и цинкового концентратов. В 2014 г. специалистами СП ЗАО «ИВС» была разработана бесцианидная технология, позволяющая извлекать из шихты рудные медные минералы при конечной тонине помола руды 60 % класса –74 мкм. Из-за неблагоприятного соотношения свинцовых и цинковых минералов (1:1) была предложена коллективно-селективная схема (рис. 4), которая предусматривает выделение медно-свинцовой «головки», содержащей 67,6 % свинца, 3,21 % меди и 1,97 % цинка, с извлечением 55,73 % меди и 71,49 % свинца, что значительно упрощает дальнейшую селекцию свинцовых и цинковых минералов в последующих операциях медно-свинцового цикла флотации.

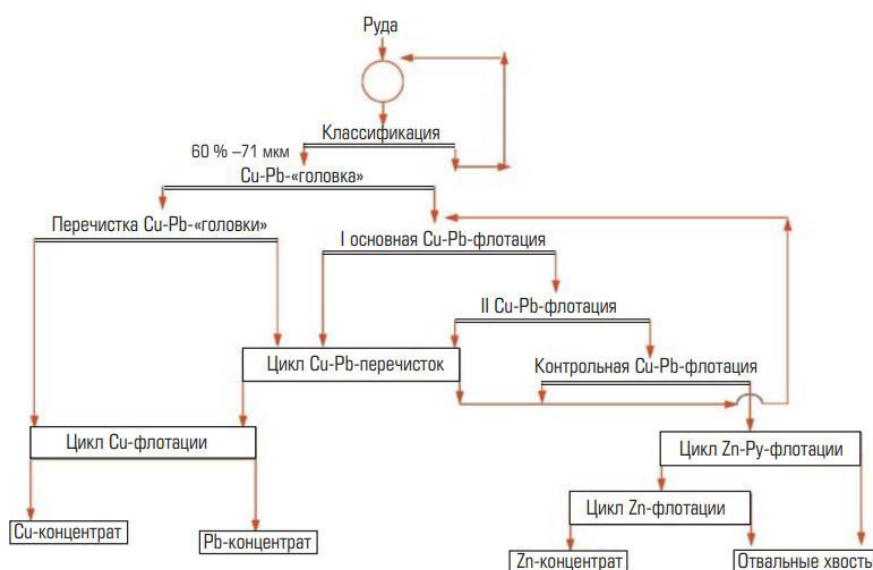


Рисунок 1 - Принципиальная схема обогащения шихты руд месторождений Джурково и Дружба (60:40)

Руду месторождения Корбалихинское, которую планируется перерабатывать на Рубцовской обогатительной фабрике после ее реконструкции, исследовали на обогатимость различные организации. В 2013 г. специалистами СП ЗАО «ИВС» была разработана технология, обеспечивающая наиболее полное извлечение минералов меди, свинца и цинка по селективно-коллективно-селективной схеме, когда часть медных минералов извлекается в медную «головку», хвосты которой направляются в операцию медно-свинцовой флотации (рис.3). Целесообразность операции флотации медной «головки» в данном случае обусловлена тем, что в нее извлекаются вторичные минералы меди, которые затрудняют разделение медно-свинцового концентрата по бесцианидной технологии; руда имеет неблагоприятное соотношение медных и свинцовых минералов (1:1), что негативно сказывается на их селекции (после того, как в медную «головку» извлекается до 35 % меди, в питании операции разделения галенит становится преобладающим минералом).

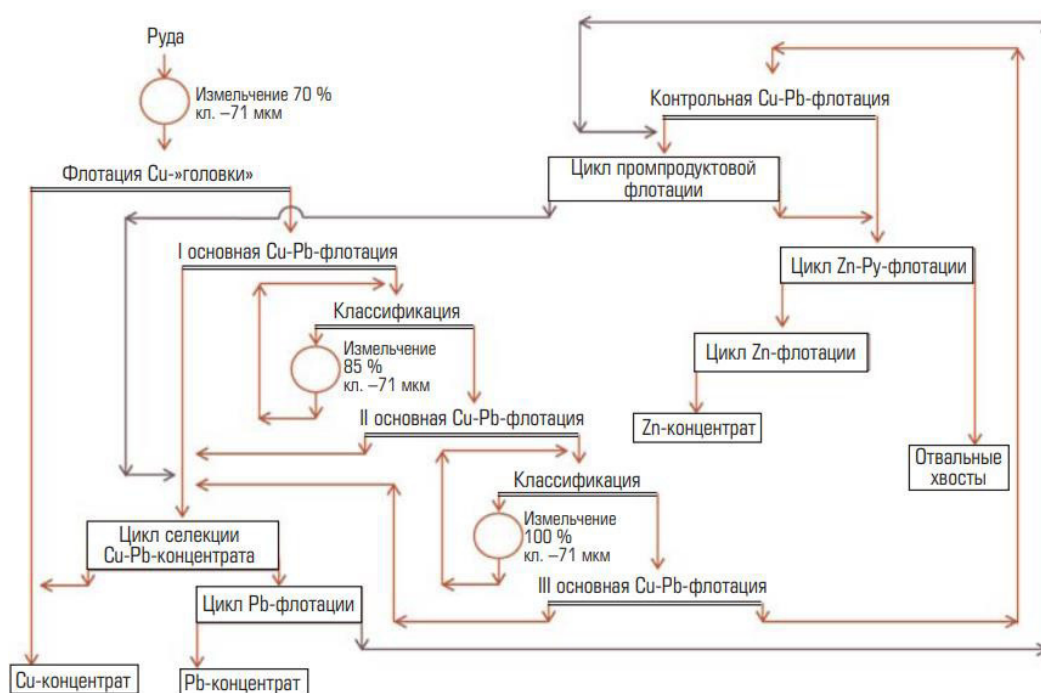


Рисунок 2 - Принципиальная схема обогащения руды месторождения Корбалихинское

Неравномерная вкрапленность минералов предопределила стадийное извлечение медных и свинцовых минералов при тонком помоле руды после трех стадий измельчения. Грубые промпродукты после специальной операции пульпоподготовки разделяли на медно-свинцовые и цинк-пиритные в отдельном цикле. Для извлечения цинковых минералов для обеих руд рекомендована цинк-пиритная флотация, целью которой является

сбросить основную часть пустой породы в отвал и сконцентрировать цинксодержащие минералы. Концентрат цинк-пиритной флотации направляется на цинковую флотацию с получением кондиционного концентрата и вторых отвальных хвостов. Реагентный режим, выбранный для флотации этих руд, несмотря на разницу их вещественного состава, принципиальных различий не имеет. В качестве депрессора сфалерита в основных операциях медно-свинцовой флотации используют сочетание сульфида натрия и цинкового купороса в соотношении 1:2, сульфита (Na_2SO_3) или пиросульфита натрия ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) при $\text{pH}=8,2\div 8,5$, создаваемой известью, которая подается в измельчение. Для обогащения руды месторождения Корбалихинское разработана технология, позволяющая исключить применение цианида в основных операциях медно-свинцового цикла с использованием оборотной воды, при этом в циклах перечисток и в операциях флотации промежуточных продуктов медно-свинцового цикла применяется цианид и свежая техническая вода. При переработке шихты руд месторождений Джурково и Дружба цианид из процесса был исключен полностью. Отличительной особенностью реагентного режима является то, что в каждом цикле флотации применяется свой селективный собиратель: в медно-свинцовом цикле Aerophine 3418A самостоятельно или в сочетании с бутиловым ксантогенатом, в медном Aero-9863, в цинковом MX-525 или аэрофлот. В качестве вспенивателя во всех циклах использовался МИБК. Применение операций оттирок позволило в сочетании с реагентным режимом достичь высокой селективности процесса в цикле перечисток медно-свинцового концентрата и в цинковом цикле флотации.

1.4 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 рентгенофлуоресцентный 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, участок окисленных свинцово-баритовые руд, месторождения Узынжал, не отвечает выше перечисленным параметрам, а именно:

1 Руды представлены разрушенной охристо-глинистой массой, что обуславливает наличие шламов даже в промытой руде;

2 Выход фракции крупностью более 8 мм незначительный, т. е. руды

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

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 и сепарации в центробежном поле сил;
- разработать технологическую схему обогащения окисленных свинцово-баритовых руд с применением гравитационных процессов обогащения.

2 Методика исследований

2.1 Гранулометрический анализ

Для определения гранулометрического состава руды использовался набор сит КСМ (ГОСТ 9758-86) с размерами отверстий, мм: 100, 60, 40, 20, 14, 5, 1,5, 0,5, 0,071, 0,04 [2,3]. Из-за наличия большого количества шламов в исходной пробе. Ситовой анализ был выполнен комбинированным способом, включающем отмывку первичных шламов по ситы 0,04 мм, сушку песковой фракции и ее рассев на классы крупности.

2.2 Фракционный анализ и гравитационная обогатимость

Определение теоретически возможных показателей гравитационного обогащения классов крупностью -100+40 мм, -40+14 мм, -14+5 мм и -5+1,5 мм осуществлялось путем их расслоения в растворах тяжелых жидкостей «М – 45» на фракции плотностью: более 2950 кг/м³, 2950-2800 кг/м³, 2800-2700 кг/м³, и менее 2700 кг/м³. Полученные фракции плотности отмывались от растворов тяжелой жидкости, высушивались, взвешивались, дробились и измельчались для отбора проб на химический анализ [4].

2.3 Гравитационное обогащение

Для тестирования отсадкой машинных классов крупностью -100+14 мм, -14+1,5 мм использовался лабораторный пульсатор с пневматическим приводом [5].

Параметры отсадки машинного класса крупностью -100+14 мм: частота пульсаций составила 50 колебаний в минуту, амплитуда колебаний 100 мм, цикл пульсаций синусоидальный (50 – 0 – 50), диаметр камеры 250 мм, размер отверстий решета – 2,0 мм, высота естественной постели 250 мм, расход подрешетной воды 5 м³/т и удельная нагрузка 10 т/ч·м².

Параметры отсадки машинного класса крупностью -14+1,5 мм: частота пульсаций составила 70 колебаний в минуту, амплитуда колебаний 80 мм, цикл пульсаций синусоидальный (50 – 0 – 50), диаметр камеры 250 мм, размер отверстий решета – 2,0 мм, высота естественной постели 250 мм, расход подрешетной воды 4 м³/т и удельная нагрузка 7 т/ч·м².

Для обогащения машинного класса крупностью -1,5+0,071 мм и доизмельченных до 50 % класса -0,071 мм обогащения черновых концентратов гравитационного обогащения (концентраты отсадки), использовался концентрационный стол типа СКЛ компании ООО «Электростар-Нанотехнологии». Параметры концентрации на столе:

производительность 50 кг/ч, расход смывной воды 1,5 м³/т, угол наклона деки 2°, отношение Ж:Т в питании 2:1.

2.4 Флотационное обогащение

Флотационное обогащение выполнялось, на стандартных лабораторных механических флотационных машинах типа Механобр с объемом камер 3, 1,0 и 0,5 л.

За основу был принят режим отработанный в АГОКе на руде 3-го типа с применением следующих реагентов:

- сода - регулятор среды рН;
- жидкое стекло – депрессор;
- сернистый натрий – активатор;
- карбамид – собиратель;
- ксантогенат бутиловый - собиратель;
- С7 - пенообразователь.

Из выше перечисленных реагентов приготавливались растворы необходимой концентрации, с пересчетом на 100 % активность по формуле:

$$P = \frac{V \cdot C}{A}, \quad (1)$$

где V—объем воды, мл; A—активность, %; C—концентрация реагента, д.е;

2.5 Выполнение химических анализов

Выполнение химических и пробирных анализов осуществлялось в специализированной аттестованной физико-аналитической лаборатории РГП «НЦ КПМС РК». Свидетельство № 67/19 от 23.10.2019 г, Алматинский филиал АО «Национальный центр экспертизы и сертификации».

Выполнение минералогических, рентгенофазовых, спектральных анализов осуществлялось в ТОО «Институт геологических наук им. К.И. Сатпаева».

3 Подготовка пробы к исследованиям, изучение вещественного состава, ситовой анализ

3.1 Подготовка пробы к технологическим исследованиям

Для проведения исследований в лабораторию ТОО «Институт геологических наук им. К.И. Сатпаева» была доставлена проба окисленной свинцово-баритовой руды месторождения Узунжал. После отбора образцов на физико- механических свойств, проба была продроблена до крупности 100 мм, усреднена методом «кольца и конуса», после чего были отобраны пробы для исследований.

Схема разделки исходной пробы руды месторождения «Узунжал» приведена на рисунке 3.

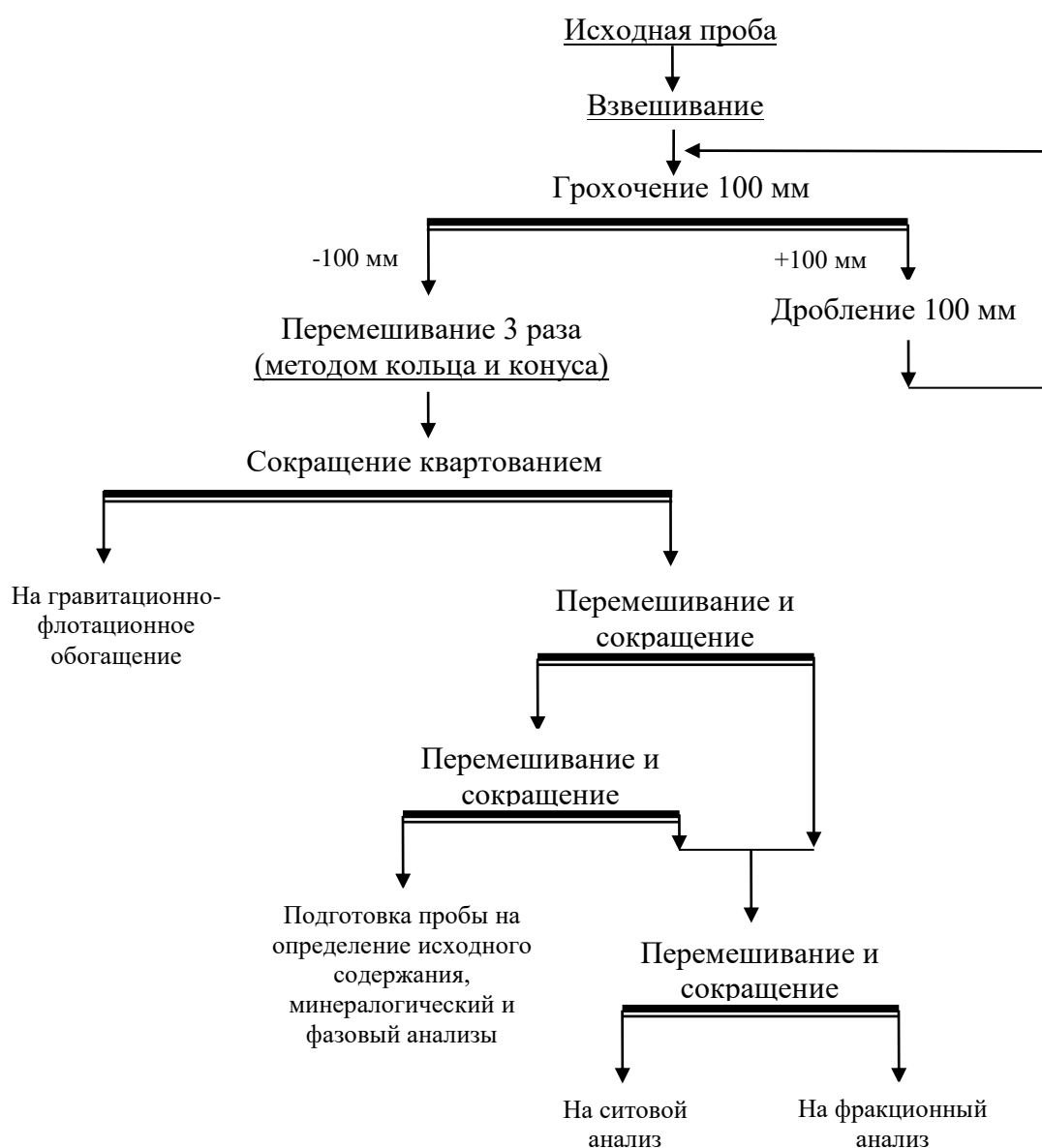


Рисунок 3 – Схема разделки исходной пробы руды месторождения «Узунжал»

3.2 Вещественный состав пробы руды месторождения «Узынжал»

3.2.1 Результаты химического анализа руды

В таблице 1 приведены результаты химического анализа исходной руды.

Таблица 1 – Результаты химического анализа исходной руды

Наименование пробы	Массовая доля, %									
	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag, г/т	Fe	S	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO
Исходная проба	5,82	0,68	0,17	15,5	14,37	0,08	48,08	8,30	0,26	0,43

Результаты рентгенофлуорисцентного анализа руды приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты рентгенофлуорисцентного анализа руды

Элемент	Содержание, %	Элемент	Содержание, %
O	50,071	Fe	15,127
Na	0,134	Co	0,027
Mg	0,306	Cu	0,045
Al	5,440	Zn	0,732
Si	20,855	As	0,113
P	0,103	Sr	0,007
S	0,037	Zr	0,025
Cl	0,033	Sb	0,071
K	0,435	Ba	0,159
Ca	0,235	Tl	0,010
Ti	0,167	Pb	5,771
Mn	0,097		

Согласно результатам химического анализа, содержание ценных компонентов составило: свинца 5,82 %, серебра 15,5 г/т, цинка 0,68 %. Содержание барита составило 0,17 %, железа общего 14,37 % и серы 0,08 %. Содержание породных минералов составило: кварца 48,08 %, оксидов алюминия 8,30 %, кальция 0,26 % и магния 0,43 %.

Результаты фазового анализа свинца приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты фазового анализа свинца

Формы свинца	Содержание % (абс.)	Содержание, % (отн.)
Pb англесита $PbSO_4$	0,55	9,45
Pb церуссита $PbCO_3$	3,46	59,45
Pb галенита PbS	0,86	14,78
Pb пироморфита $Pb_5(PO_4)_3Cl$ и плюмбоярозита $PbFe_6[SO_4]_4[OH]_2$	0,95	16,32
Pb общий	5,82	100,0

Результаты фазового анализа показали, что в поступившей на исследование пробе руды основное количество свинца представлено окисленной формой (церуссит и англесит) и составило 68,90 %, свинца сульфидного 14,78 % и 16,32 % свинца, представленного трудно фторируемыми формами в виде пироморфита и плюмбоярозита.

3.3 Ситовой анализ

В связи с наличием большого количества шламов в исходной пробе, ситовой анализ выполнялся комбинированным способом, включающем отмывку первичных шламов по классу 0,04 мм, сушку песковой фракции и ее рассев. Шламы крупностью менее 0,04 мм подвергались сгущению и сушке. Результаты ситового анализа с распределением по классам крупности свинца, цинка, серебра и барита приведены в таблице 4.

Таблица 4 - Результаты ситового анализа руды

Наименование продуктов	Выход, %	Содержание, %				Извлечение, %			
		Pb	Zn	BaSO ₄	Ag, г/т	Pb	Zn	BaSO ₄	Ag
-100+60	0,94	2,72	0,70	0,03	62,27	0,44	0,92	0,28	3,18
-60+40	2,28	3,37	0,67	0,08	97,00	1,32	2,14	1,82	12,00
-40+20	5,82	7,40	0,60	0,05	58,40	7,41	4,89	2,91	18,45
-20+14	2,07	19,92	0,40	0,06	51,90	7,10	1,16	1,24	5,83
-14+5	5,81	20,92	0,36	0,06	40,80	20,92	2,93	3,48	12,87
-5+1,5	5,49	11,50	0,42	0,06	42,22	10,87	3,23	3,29	12,58
-1,5+0,5	10,70	5,90	0,58	0,10	25,60	10,86	8,70	10,69	14,87
-0,5+0,071	19,75	5,15	0,55	0,10	15,60	17,50	15,22	19,74	16,72
-0,071+0,04	8,64	4,54	0,70	0,12	4,80	6,75	8,47	10,37	2,25
-0,04+0,0	38,50	2,54	0,97	0,12	0,60	16,83	52,34	46,18	1,25
Итого	100,0	5,81	0,71	0,10	18,42	100,0	100,0	100,0	100,0

По результатам ситового анализа, средневзвешенное содержание компонентов составило: свинца 5,81 %, цинка 0,71 %, барита 0,10 % и серебра 18,42 г/т.

Выхода классов в интервале крупности $-100+1,5$ мм находятся в пределе 0,94-5,81 %, суммарный выход составил 22,41 %. Наибольшие выхода имеют классы крупностью менее 1,5 мм, которые варьируются в пределах 8,64 %-38,50 %. Наибольший выход соответствует самому мелкому классу крупностью $-0,04+0,0$ мм и составил 38,50 %.

Содержание свинца по классам крупности имеет крайне неравномерное распределение. В классах от $-100+60$ мм до класса $-14+5$ мм содержание свинца возрастает от 2,72 % до 20,92 % и снижается к самому мелкому классу от 11,50 % в классе $-5+1,5$ мм до 2,54 % в классе $-0,04+0,0$ мм.

Содержание цинка по классам крупности варьируется от 0,36 % до 0,97 %.

Барита в пробе руды практически не содержится и равно 0,1 %.

Содержание серебра по классам крупности имеет неравномерный характер, наибольшие содержания наблюдаются в крупных классах $-100+60$ мм – 62,27 г/т и $-60+40$ мм – 97 г/т. С уменьшением крупности содержание серебра плавно снижается от 58,40 г/т до 0,6 г/т в самом мелком классе $-0,04+0,0$ мм.

В виду незначительного выхода крупных классов, исследования по обогащению отсадкой осуществлялось на машинных классах крупностью $-100+14$ мм и $-14+1,5$ мм.

4 Исследование пробы руды гравитационными методом

Для изучения гранулометрического состава свинцово-баритовой руды месторождения Узынжал выполнен ситовой анализ. Исследование фракционного состава проводилось с помощью фракционного анализа.

4.1 Фракционный анализ машинных классов

Фракционные анализы выполнялись на машинных классах крупностью -100+40 мм, - 40+14 мм, -14+5 мм и -5+1,5 мм, предварительно отмытых по классу -1,5+0,0 мм.

Результаты отсева (промывки) приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты отсева класса крупностью +1,5 мм

Наименование продуктов	Выход , %	Содержание, %			Извлечение, %		
		Pb	Zn	Ag, г/т	Pb	Zn	Ag
-100+40	3,22	3,54	0,59	53,41	2,14	2,70	10,34
-40+14	7,89	8,74	0,49	44,73	12,94	5,49	21,23
-14+5	5,81	16,40	0,38	47,22	17,88	3,15	16,51
-5+1,5	5,49	10,07	0,42	39,46	10,38	3,22	13,03
-1,5+0,0	77,59	3,89	0,78	8,33	56,66	85,44	38,89
Итого	100,0	5,33	0,71	16,62	100,0	100,0	100,0

По результатам отсева выход мелкого класса крупностью -1,5+0,0 мм составил 77,59 % от руды, с содержанием свинца – 3,89 %:

Содержание металлов в пробе руды крупностью -100+0 мм подвергаемой фракционному анализу составило: Pb – 5,33 %, Zn – 0,71 % и Ag – 16,62 г/т. Расслоение машинных классов проводилось по плотности: 2700, 2800 и 2950 кг/м³.

Результаты фракционного анализа приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Распределение свинца, цинка, серебра по фракциям плотности и классам крупности в исходной руде, дробленной до 100 мм

Фракции плотности, г/см ³	Выход, % от		Содержание, %			Извлечение от класса, %			Извлечение от руды, %		
	класса	руды	Pb	Zn	Ag, г/т	Pb	Zn	Ag	Pb	Zn	Ag
Класс -100+40 мм											
-2,70	42,74	1,38	3,15	0,54	67,20	37,95	38,81	53,88	0,81	1,05	5,58
-2,80+2,70	27,53	0,89	3,05	0,52	65,40	23,67	24,07	33,78	0,51	0,65	3,50
-2,95+2,80	26,24	0,84	4,69	0,74	24,20	34,69	32,65	11,91	0,74	0,88	1,22
+2,95	3,49	0,11	3,75	0,76	6,60	3,69	4,47	0,43	0,08	0,12	0,04
Итого	100,0	3,22	3,54	0,59	53,41	100,0	100,0	100,0	2,14	2,70	10,34
Класс -40+14 мм											
-2,70	21,03	1,66	0,97	0,21	83,20	2,34	8,96	39,09	0,30	0,49	8,30
-2,80+2,70	21,48	1,69	2,17	0,60	63,60	5,34	26,15	30,52	0,69	1,43	6,47
-2,95+2,80	32,45	2,56	3,00	0,70	37,60	11,16	46,09	27,26	1,44	2,53	5,79
+2,95	25,04	1,98	28,28	0,37	5,60	81,16	18,80	3,13	10,51	1,04	0,67
Итого	100,0	7,89	8,74	0,49	44,73	100,0	100,0	100,0	12,94	5,49	21,23
Класс -14+5 мм											
-2,70	28,65	1,66	0,45	0,17	84,80	0,79	12,71	51,44	0,14	0,40	8,47
-2,80+2,70	4,80	0,28	1,79	0,50	82,00	0,52	6,26	8,33	0,09	0,20	1,38
-2,95+2,80	18,37	1,07	2,82	0,72	77,20	3,16	34,51	30,03	0,57	1,09	4,97
+2,95	48,18	2,80	32,50	0,37	10,00	95,53	46,52	10,20	17,08	1,46	1,69
Итого	100,0	5,81	16,4	0,38	47,22	100,0	100,0	100,0	17,88	3,15	16,51
Класс -5+1,5 мм											
-2,70	45,52	2,50	0,49	0,14	65,60	2,21	15,33	75,72	0,23	0,49	9,87
-2,80+2,70	4,86	0,27	1,90	0,61	40,8	0,92	7,13	5,03	0,10	0,23	0,66
-2,95+2,80	16,06	0,88	3,04	0,90	17,6	4,84	34,76	7,17	0,50	1,12	0,93
+2,95	33,56	1,84	27,66	0,53	14,20	92,03	42,78	12,08	9,55	1,38	1,57
Итого	100,0	5,49	10,07	0,42	39,46	100,0	100,0	100,0	10,38	3,22	13,03

Продолжение таблицы 6

Фракции плотности, г/см ³	Выход, % от		Содержание, %			Извлечение от класса, %			Извлечение от руды, %		
	класс а	руды	Pb	Zn	Ag, г/т	Pb	Zn	Ag	Pb	Zn	Ag
Класс -100+1,5 мм											
-2,70	32,13	7,20	1,10	0,24	74,39	3,43	16,74	52,72	1,48	2,43	32,22
-2,80+2,70	13,97	3,13	2,36	0,57	63,79	3,20	17,28	19,65	1,39	2,51	12,01
-2,95+2,80	23,87	5,35	3,24	0,74	40,13	7,50	38,56	21,13	3,25	5,62	12,91
+2,95	30,03	6,73	29,47	0,42	9,80	85,87	27,42	6,49	37,22	4,00	3,97
Итого	100,0	22,41	10,31	0,46	45,33	100,0	100,0	100,0	43,34	14,56	61,11
Отсев -1,5+0,0 мм		77,59	3,89	0,78	8,33				56,66	85,44	38,89
Руда		100,0	5,33	0,71	16,62				100,0	100,0	100,0

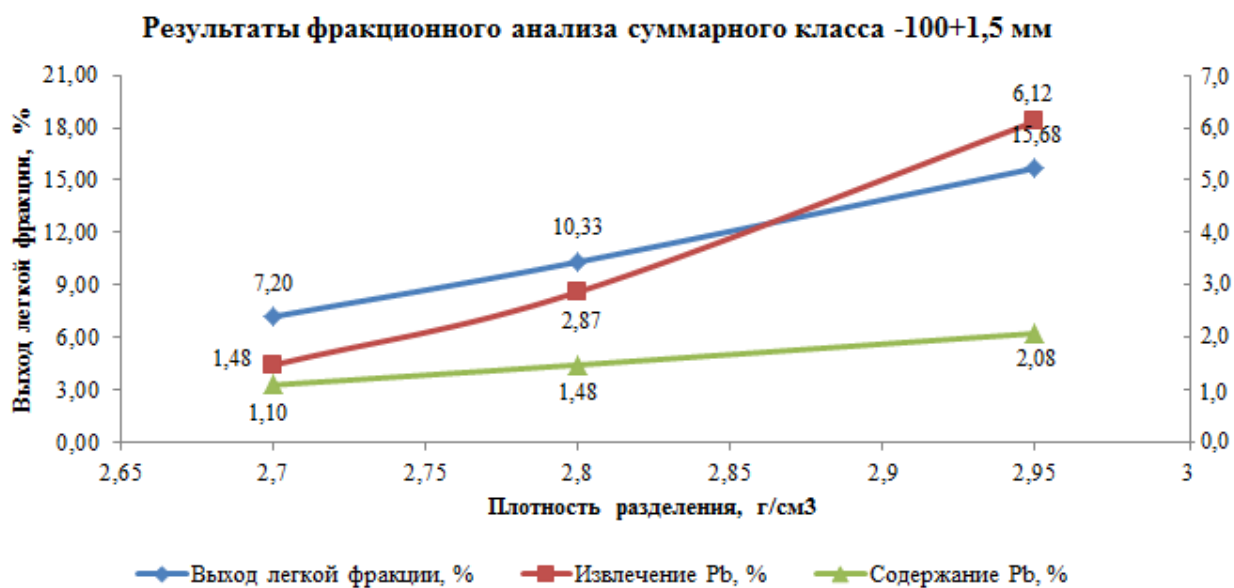
Результаты фракционного анализа показали, что в классе крупностью - 100+40 мм разделение свинца, цинка и серебра по фракциям плотности не происходит. Содержание свинца в легкой, так и в тяжелой фракции находится на уровне его исходного содержания в классе и варьирует в диапазоне от 3,05 до 4,69 %.

С понижением крупности, контрастность руды возрастает. Так в классе крупностью -40+14 мм содержание свинца во фракции плотностью более 2950 кг/м³ составило 28,28 % при выходе от класса 25,04 % (1,98 % от руды) и извлечении от класса 81,16 % (10,51 % от руды). Наблюдается большой выход промежуточных фракций плотностью 2700 - 2950 кг/м³ с содержанием свинца 3,0 и 2,17 %.

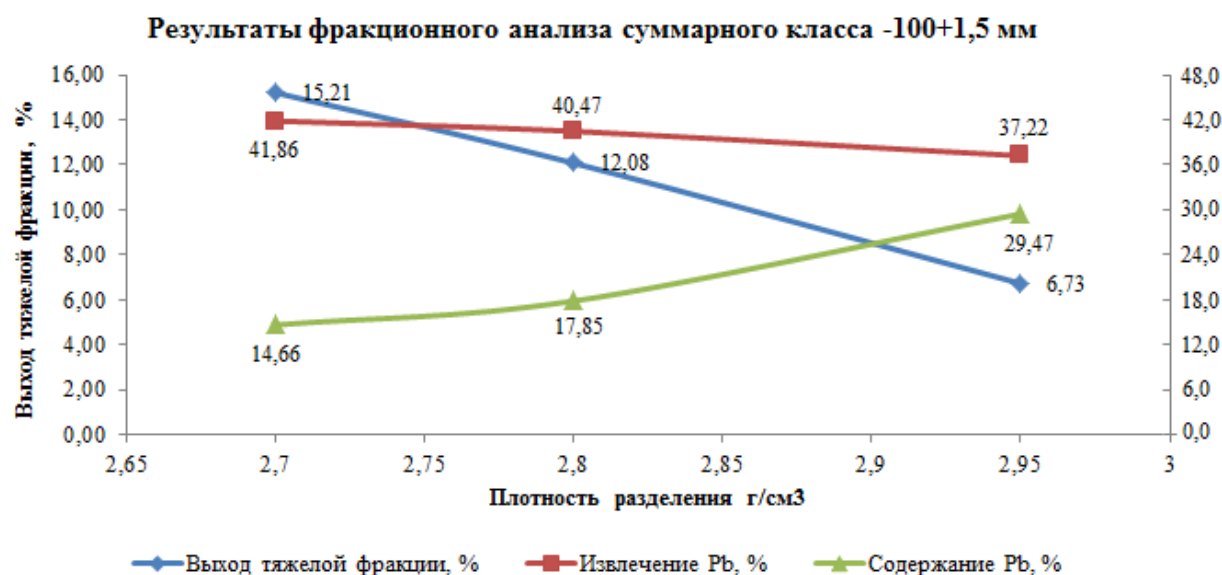
В классах -14+5 мм и -5+1,5 мм выход промежуточных фракций и содержание свинца снижается, увеличивается выход тяжелой фракции плотностью более 2950 кг/м³, при повышении извлечения свинца в данную фракцию на уровне 95-92 % от класса.

Основное количество серебра извлекается во фракции плотностью менее 2950 кг/м³.

Результаты фракционного анализа суммарного класса крупностью - 100+1,5 мм показаны на рисунках 4 и 5.

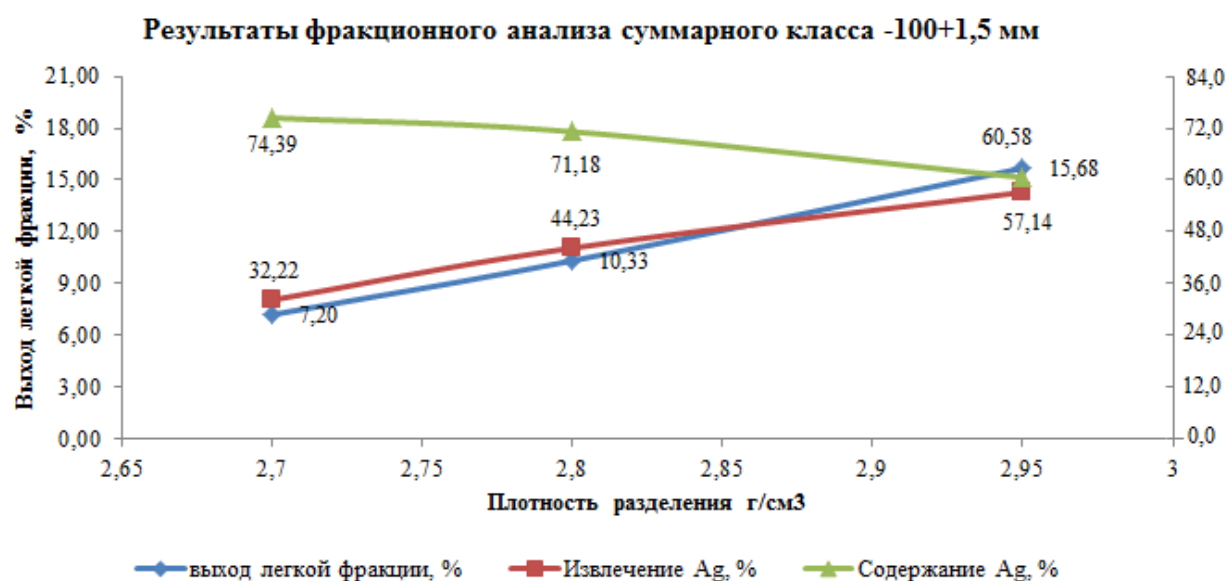


а)

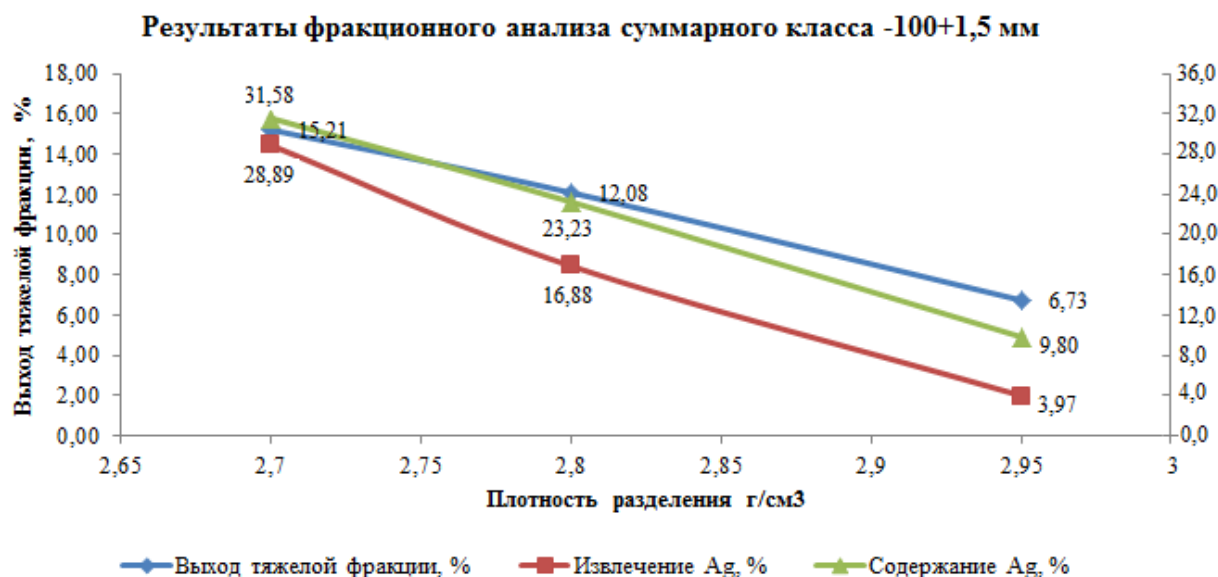


б)

Рисунок 4 – Результаты фракционного анализа суммарного класса -100+1,5 мм по свинцу при выделении: а – легкой фракции; б – тяжелой фракции



а)



б)

Рисунок 5 – Результаты фракционного анализа суммарного класса -100+1,5 мм по серебру при выделении: а – легкой фракции; б – тяжелой фракции

4.2 Отсадка машинных классов крупностью -100+14 мм, -14+5 мм, -5+1,5 мм

4.2.1 Отсадка машинного класса крупностью -100+14 мм

Отсадка машинного класса крупностью -100+14 мм осуществлялась в лабораторном пульсаторе с пневматическим приводом. Частота пульсаций составила 50 колебаний в минуту, амплитуда колебаний 100 мм, цикл пульсаций синусоидальный (50 – 0 – 50), диаметр камеры 250 мм, размер отверстий решета – 2,0 мм, высота естественной постели 250 мм, расход подрешетной воды 5 м³/т и удельная нагрузка 10 т/ч·м².

Отсадка выполнялась по схеме, показанной на рисунке 6, а результаты отсадки приведены в таблице 7.

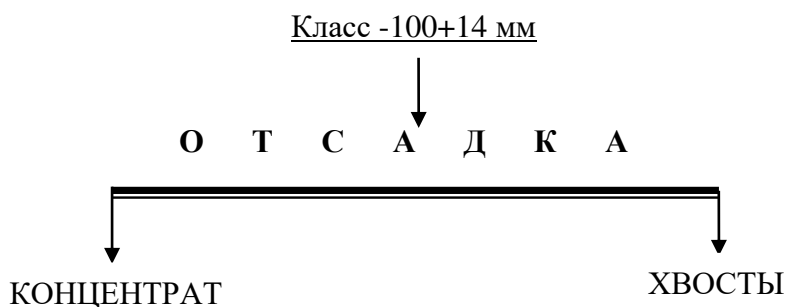


Рисунок 6 – Схема отсадка машинного класса крупностью -100+14 мм

Таблица 7 – Результаты отсадки машинного класса крупностью -100+14 мм

Наименование продукта	Выход от, %		Содержание, %			Извлечение от класса, %		
	Руды	класса	Pb	Zn	Ag, г/т	Pb	Zn	Ag
Концентрат	6,24	56,17	10,87	0,61	9,00	82,09	56,99	12,46
Хвосты	4,87	43,83	3,04	0,59	81,00	17,91	43,01	87,54
Класс -100+14 мм	11,11	100,0	7,44	0,60	40,56	100,0	100,0	100,0

При отсадке машинного класса -100+14 мм выход тяжелой концентратной фракции составил 56,17 % от операции (6,24 % от руды), содержание свинца составило 10,87 %, цинка 0,61 %, серебра 9,0 г/т при извлечении свинца 82,09 %, цинка 56,99 %, серебра 12,46 % от операции.

Выход легкой хвостовой фракции составил 43,83 % от операции (4,87 % от руды), содержание свинца составило 3,04 %, цинка 0,59 %, серебра 81,0 г/т при извлечении свинца 17,91 %, цинка 43,01 %, серебра 87,54 % от операции.

4.2.2 Отсадка машинных классов крупностью -14+5 мм и -5+1,5 мм

Из-за незначительного количества классов -14+5 мм и -5+1,5 мм в исходной руде, было принято решение выполнять совместную отсадку суммарного класса крупностью -14+1,5 мм.

Отсадка машинного класса крупностью -14+1,5 мм осуществлялась на лабораторном пульсаторе с пневматическим приводом. Частота пульсаций составила 70 колебаний в минуту, амплитуда колебаний 80 мм, цикл пульсаций синусоидальный (50 – 0 – 50), диаметр камеры 250 мм, размер отверстий решета – 2,0 мм, высота естественной постели 250 мм, расход подрешетной воды 4 м³/т и удельная нагрузка 7 т/ч·м².

Отсадка выполнялась по схеме, показанной на рисунке 7, а результаты отсадки приведены в таблице 8.

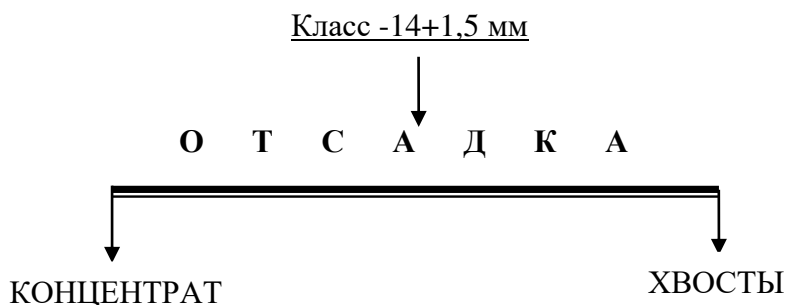


Рисунок 7 – Схема отсадки машинного класса крупностью -14+1,5 мм

Таблица 8 – Результаты отсадки машинного класса крупностью -14+1,5 мм

Наименование продукта	Выход от, %		Содержание, %			Извлечение от класса, %		
	Руды	класса	Pb	Zn	Ag, г/т	Pb	Zn	Ag
Концентрат	7,49	66,28	26,37	0,41	36,20	96,99	67,39	51,88
Хвосты	3,81	33,72	1,61	0,39	66,00	3,01	32,61	48,12
Класс -14+1,5 мм	11,30	100,0	18,02	0,40	46,25	100,0	100,0	100,0

При отсадке машинного класса -14+1,5 мм выход тяжелой концентратной фракции составил 66,28 % от операции (7,49 от руды), содержание свинца составило 26,37 %, цинка 0,41 %, серебра 36,20 г/т, при извлечении свинца 96,99 %, цинка 67,39 %, серебра 51,88 % от операции.

Выход легкой хвостовой фракции составил 33,72 % от операции (3,81 % от руды), содержание свинца составило 1,61 %, цинка 0,39 %, серебра 66,0 г/т при извлечении свинца 3,01 %, цинка 32,61 %, серебра 48,12 % от операции.

4.2.3 Обогащение машинного класса крупностью -1,5+0,071 мм на центробежном концентраторе и концентрационном столе

Обогащение машинного класса крупностью -1,5+0,071 мм выполнено на центробежном концентраторе, количество оборотов чаши – 500 об/мин, отношение Ж:Т в питании 7:1. Схема проведения опытов в центробежном поле сил показана на рисунке 8, а результаты обогащения при изменении выхода концентрата приведены в таблице 9.

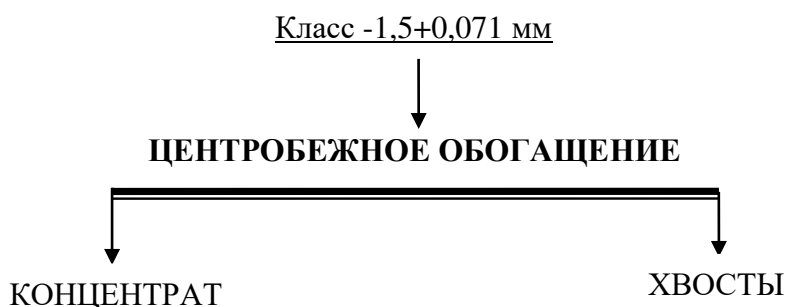


Рисунок 8 – Схема обогащения класса крупностью -1,5+0,071 мм

Таблица 9 – Результаты обогащения машинного класса -1,5+0,071 мм

Наименование	Выход от класса, %	Содержание Pb, %	Извлечение Pb от класса, %
Опыт №1			
Концентрат	24,23	9,87	44,04
Хвосты	75,77	4,01	55,96
Класс -1,5+0,071 мм	100,0	5,43	100,0
Опыт №2			
Концентрат	15,63	10,22	28,08
Хвосты	84,37	4,85	71,92
Класс -1,5+0,071 мм	100,0	5,69	100,0
Опыт №3			
Концентрат	9,73	11,85	19,75
Хвосты	90,27	5,19	80,25
Класс -1,5+0,071 мм	100,0	5,84	100,0
Опыт №4			
Концентрат	5,76	16,42	17,44
Хвосты	94,24	4,75	82,56
Класс -1,5+0,071 мм	100,0	5,42	100,0

Полученные результаты обогащения показали, что при содержании свинца в концентрате более 15 %, извлечение свинца от операции не превышает 18 %. Для достижения более высоких показателей по обогащению класса -1,5+0,071 мм целесообразнее использовать концентрационные столы.

Для обогащения машинного класса крупностью -1,5+0,071 мм использовался концентрационный стол типа СКО – 0,5 завода «Труд», производительностью 50 кг/ч, расход смывной воды 1,5 м³/т, угол наклона деки 2°, отношение Ж:Т в питание 2:1. Схема проведения опыта на концентрационном столе показана на рисунке 9, результаты обогащения приведены в таблице 10.



Рисунок 9 – Схема концентрация на столе класса крупностью -1,5+0,071 мм

Таблица 10 – Результаты обогащения машинного класса -1,5+0,071 мм на концентрационном столе

Наименование продукта	Выход от, %		Содержание, %			Извлечение от класса, %		
	руды	класса	Pb	Zn	Ag, г/т	Pb	Zn	Ag
Концентрат	7,55	24,80	17,50	0,40	26,60	73,23	19,63	26,77
Хвосты	22,90	75,20	2,11	0,54	24,00	26,77	80,37	73,23
Класс -1,5+0,071 мм	30,45	100,0	5,93	0,51	24,64	100,0	100,0	100,0

При концентрации на столе машинного класса -1,5+0,071 мм выход тяжелой концентратной фракции составил 24,80 % от операции (7,55 % от руды), содержание свинца составило 17,50 %, цинка 0,40 %, серебра 26,60 г/т, при извлечении свинца 73,23 %, цинка 19,63 %, серебра 26,77 % от операции.

Выход легкой хвостовой фракции составил 75,20 % от операции (22,90 % от руды), содержание свинца составило 2,11 %, цинка 0,54 %, серебра 24,00 г/т при извлечении свинца 26,77 %, цинка 80,37 %, серебра 73,23 % от операции.

4.2.4 Обогащение концентратов крупностью -100+14 мм, -14+1,5 мм и -1,5+0,071 мм измельченных до 50 % класса минус 0,071 мм на концентрационном столе

Концентраты объединялись пропорционально их выходу от руды, дробились до 2,5 мм, отбиралась навеска весом 18 кг с дальнейшим измельчением до 50 % класса минус 0,071 мм и обогащением на концентрационном столе.

Выход объединенного концентрата составил 21,28 % от руды при содержании свинца 18,68 %, цинка 0,47 % и серебра 24,82 г/т.

График измельчаемости объединенного концентрата показан на рисунке 10. Измельчение производили в лабораторной мельнице при соотношении Т:Ж:Ш как 1:0,43:9. Масса навески составляла 1 кг.

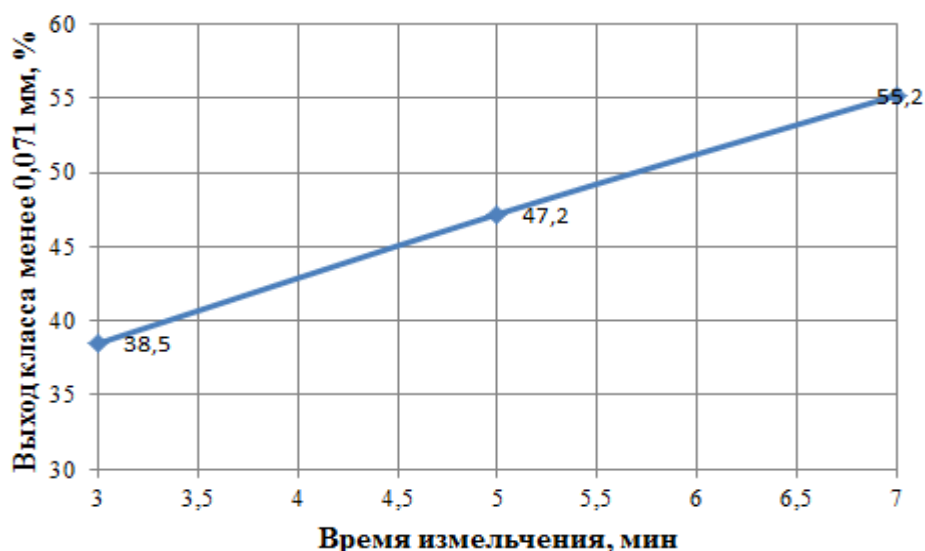


Рисунок 10 – График измельчаемости концентратов отсадок и концентрационного стола

Согласно графика измельчаемости объединенного концентрата, для достижения крупности 50 % класса минус 0,074 мм время измельчение составило 5 минут 45 секунд.

Измельченная навеска до крупности 50 % класса минус 0,071 мм обогащалась на концентрационном столе с получением кондиционного концентрата. Схема обогащения на концентрационном столе показана на рисунке 11, а результаты обогащения приведены в таблице 11.

Черновые концентраты отсадок и стола крупностью 50 % -0,071 мм

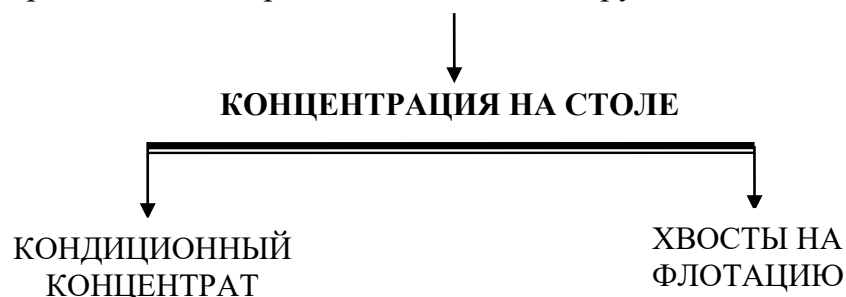


Рисунок 11 – Схема концентрация на столе черновых концентратов отсадок и стола, измельченных до 50 % -0,071 мм

Таблица 11 – Результаты обогащения черновых концентратов отсадок и стола измельченных до 50 % -0,071 мм

Наименование продукта	Выход от питания, %	Содержание, %			Извлечение от питания, %		
		Pb	Zn	Ag, г/т	Pb	Zn	Ag
Концентрат	25,27	51,53	0,26	17,2	69,71	14,00	17,51
Хвосты	74,73	7,57	0,54	27,40	30,29	86,00	82,49
Питание	100	18,68	0,47	24,82	100,0	100,0	100,0

При концентрации на столе черновых концентратов крупностью 50 % класса -0,071 мм, выход кондиционного концентрата составил 25,27 % от операции, содержание свинца составило 51,53 %, цинка 0,26 %, серебра 17,2 г/т при извлечении свинца 69,71 %, цинка 14,00 %, серебра 17,51 % от операции.

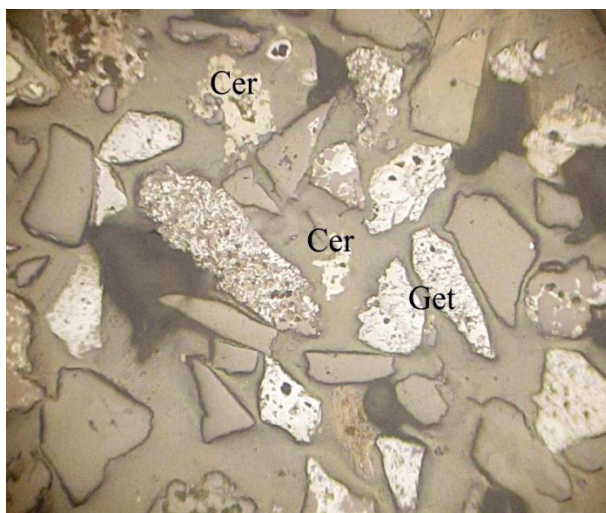
Выход легкой хвостовой фракции составил 74,73 % от операции, содержание свинца составило 7,57 %, цинка 0,54 %, серебра 27,40 г/т при извлечении свинца 30,29 %, цинка 86,00 %, серебра 82,49 % от операции.

4.2.5 Минералогический анализ хвостов концентрационного стола от обогащения концентратов крупностью -100+14 мм, -14+1,5 мм и -1,5+0,071 мм измельченных до 50 % класса минус 0,071 мм

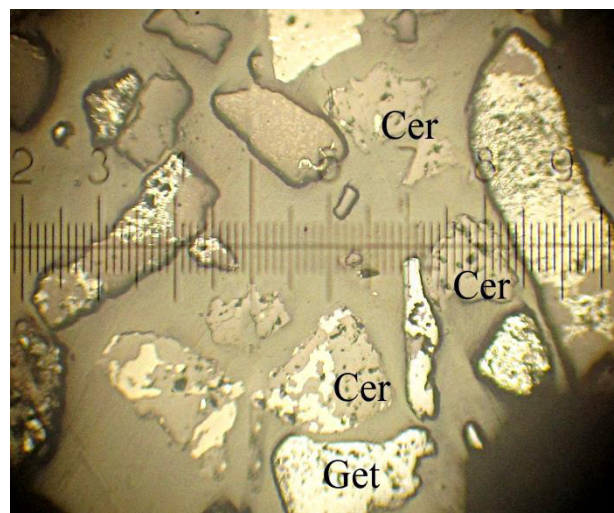
Из хвостов обогащения на концентрационном столе концентратов крупностью -100+14 мм, -14+1,5 мм и -1,5+0,071 мм измельченных до 50 % класса минус 0,074 мм изготовлен прессованный аншлиф.

Большую часть аншлифа составляют нерудные минералы ~ 70% (относительно площади аншлифа) – кварц, слюда, сростки кварца с гетитом и сидеритом. Зерна остроугольной или продолговатой формы.

Рудные минералы представлены гетитом (~15-20%), сидеритом (~ 5%), несколькими зернами церуссита (Cer) и сростками церуссита и гетита (рисунок 12 а, б). Галенита нет.



а



б

Рисунок 12 – а) зерна кварца (серое), гетита и сростки гетита с сидеритом и кварцем (пестрое), два зерна церуссита Cer); б) сростки зерен церуссита и гетита (Cer), зерна гетита и кварца и сростки, аншлиф 1 (пресс.), хвосты, ув.72, 1 деление = 0,016мм

4.2.6 Суммарный баланс металлов гравитационного обогащения

В таблице 12 приведен суммарный баланс металлов по гравитационному обогащению руды.

Таблица 12 – Суммарный баланс металлов по гравитационному обогащению

Наименование	Выход от руды, %	Содержание, %			Извлечение, % от руды		
		Pb	Zn	Ag, г/т	Pb	Zn	Ag
Кондиционный гравитационный концентрат							
Концентрат стола (50% класса -0,071 мм)	5,38	51,53	0,26	17,2	46,89	1,94	5,25
Питание флотационного обогащения							
Хвосты стола (50% класса -0,071 мм)	15,90	7,57	0,54	27,40	20,35	11,94	24,73
Хвосты отсадки -100+14 мм	4,87	3,04	0,59	81,00	2,50	4,00	22,39
Хвосты стола -1,5+0,071 мм	22,9	2,11	0,54	24,00	8,17	17,19	31,21
Первичные шламы -0,071+0,0 мм	47,14	2,64	0,96	0,80	21,05	62,86	2,14
Итого питание флотации	90,81	3,39	0,76	15,61	52,07	95,99	80,47
Хвосты - 14+1,5 мм	3,81	1,61	0,39	66,00	1,04	2,07	14,28
Руда	100,0	5,91	0,72	17,61	100,0	100,0	100,0
Отвальные хвосты гравитационного обогащения							

При гравитационном обогащении пробы, характеризующей 3-й тип руды месторождения Узынжал, получены следующие продукты:

- кондиционный гравитационный свинцовый концентрат выходом 5,38 % от руды с содержанием свинца 51,53 %, цинка 0,26 %, серебра 17,2 г/т, при извлечении свинца 46,89 %, цинка 1,94 % и серебра 5,25 %;

- отвальные хвосты отсадки класса -14+1,5 мм выходом от руды 3,81 % с содержанием свинца 1,61 %, цинка 0,39 %, серебра 66,00 г/т, при извлечении свинца 1,04 %, цинка 2,07 % и серебра 14,28 %;

- промежуточные продукты с общим выходом 90,81 % от руды, с содержанием свинца 3,39 %, цинка 0,76 %, серебра 15,61 г/т, при извлечении свинца 52,07 %, цинка 95,99 % и серебра 80,47 %.

Данные промпродукты являются питанием дальнейшего флотационного обогащения руды 3-го типа.

5 Обогащение пробы руды флотационными методами

5.1 Флотационное обогащение хвостов гравитационного разделения

Опыты по флотации выполнялись на шихте представленной первичными шламами крупностью $-0,071+0,0$ мм, хвостами отсадки класса $-100+14$ мм, хвостами концентрационных столов класса $-1,5+0,071$ мм и хвостами доводки черновых концентратов, измельченных до крупности 50 % класса $-0,071$ мм. Содержание металлов в шихте составило: свинца 3,39 %, цинка 0,76 %, серебра 15,61 г/т.

Флотационный опыт в замкнутом цикле на шихте реализован по схеме, включающей основную флотацию, контрольную флотацию и две перечистные флотации, рисунок 13.

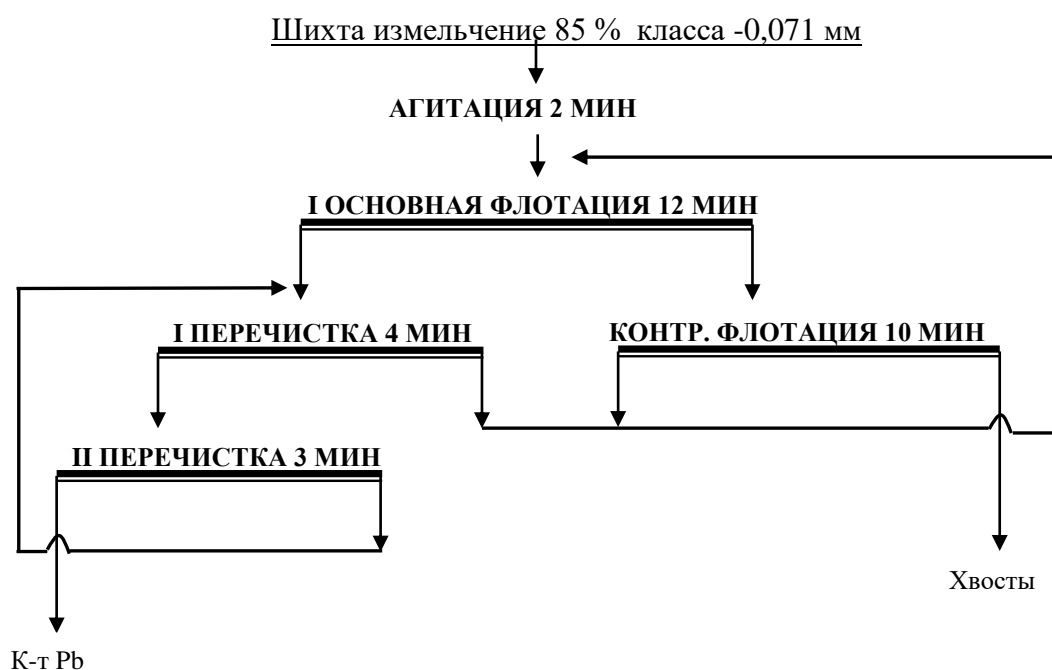


Рисунок 13 – Схема замкнутого цикла

Флотационный опыт в замкнутом цикле выполнялся по одностадийной схеме измельчения с использованием стандартных реагентов. Содержание класса минус 0,071 мм в питании составило 85 %. Использованы флотационные камеры объемом 3, 1 и 0,5 л. Содержание твердого в основной флотации составило 18 %, т.к. при более плотной пульпе невозможно выдержать баланс по воде по оборотным продуктам в виду значительного количества шламов. Проведено 14 замкнутых циклов, с целью наработки хвостов флотации для выполнения тестов по центробежной концентрации.

Реагенты, используемые для флотации церуссита:

- регулятор среды – сода, 10 % концентрации;

- депрессор пустой породы – жидкое стекло, 1 % концентрации;
- сульфидизатор свинцовых минералов – сернистый натрий, 10% концентрации;
- собиратель – бутиловый ксантогенат, 1% концентрации;
- карбамид – 0,5 % концентрации;
- вспениватель – флотанол С7, 1 % концентрации.

Результаты минералогического анализа пробы хвостов гравитационного обогащения показали невозможность отдельной флотации сульфидного свинца, т.к. галенита в них не было выявлено (раздел 3.2.5).

Реагентный режим флотационного опыта в замкнутом цикле приведен в таблице 13. Результаты флотационного опыта приведены в таблице 14.

Таблица 13 - Реагентный режим, замкнутый цикл, шихта со шламами

Операция	Время, мин	Расход реагентов г/т					
		Na ₂ SiO ₃ 1%	Na ₂ S 10%	БКК 1%	С 7,1%	Карбамид (0,5 %)	Сода (10%)
Измельчение 85 % -0,071 мм	5	70	450				1000
Агитация	2		300				
Основная флотация: Начало флотации	12		900	100	25	25	
После 4 мин			1100	110	20	10	
После 8 мин			1000	30			
Контрольная флотация	10		700	50	25		
Итого		70	4450	290	70	35	1000

Таблица 14 – Результаты замкнутого опыта

Наименование	Выход от операции, %	Содержание, %			Извлечение от операции, %		
		Pb	Zn	Ag, г/т	Pb	Zn	Ag
Концентрат II перерешетки	2,35	57,91	0,33	149,00	40,12	1,03	22,43
Хвосты	97,65	2,08	0,77	12,40	59,88	98,97	77,57
Питание флотации	100,0	3,39	0,76	15,61	100,0	100,0	100,0

При флотационным обогащении, в замкнутом цикле, выход кондиционного концентрата II перерешетки, составил 2,35 % от операции, с содержанием свинца 57,91 %, цинка 0,33 %, серебра 149 г/т при извлечении свинца 40,12 %, цинка 1,03 %, серебра 22,43 % от операции.

Выход хвостов флотации составил 97,65 % от операции, с содержанием свинца 2,08 %, цинка 0,77 %, серебра 12,40 г/т при извлечении свинца 59,88 %, цинка 98,97 %, серебра 77,57 % от операции.

5.2 Гравитационное обогащение отвальных хвостов флотации на центробежном концентраторе

Обогащение отвальных хвостов флотации, с содержанием свинца 2,08 %, цинка 0,77 %, серебра 12,40 г/т выполнено на центробежном концентраторе. Параметры центробежной концентрации – количество оборотов чаши – 500 об/мин, отношение Ж:Т в питании 7:1. Схема проведения опытов в центробежном поле показана на рисунке 14, а результаты обогащения при изменении выхода концентрата приведены в таблице 15.

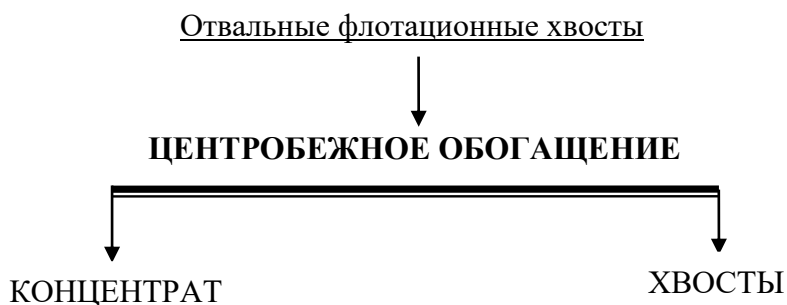


Рисунок 14 – Схема центробежного обогащения класса крупностью - 1,5+0,071 мм

Таблица 15 – Результаты обогащения отвальных флотационных хвостов в центробежном поле сил

Наименование	Выход от операции, %	Содержание, %			Извлечение от операции, %		
		Pb	Zn	Ag, г/т	Pb	Zn	Ag
Опыт №1							
Концентрат	16,74	3,00	-	-	24,10	-	-
Хвосты	83,26	1,90	-	-	75,90	-	-
Отвальные хвосты	100,0	2,08	-	-	100,0	-	-
Опыт №2							
Отвальные хвосты	100,0	2,08	-	-	100,0	-	-
Опыт №3							
Концентрат	3,58	6,75	0,62	12,30	11,62	2,87	3,55

Продолжение таблицы 15

Наименование	Выход от операции, %	Содержание, %			Извлечение от операции, %		
		Pb	Zn	Ag, г/т	Pb	Zn	Ag
Хвосты	96,42	1,91	0,78	12,40	88,38	97,13	96,45
Отвальные хвосты	100,0	2,08	0,77	12,40	100,0	100,0	100,0

При уменьшении выхода концентрата с 16,74 % до 3,58 % наблюдается увеличение содержание свинца от 3 % до 6,75 %, при этом снижается извлечение от 24,10 % до 11,62 %.

Концентрат 3-го опыта имеет самое высокое содержание свинца и его возможно подшихтовать к кондиционным концентратам гравитационного и флотационного обогащения.

6 Технологическая схема обогащения и суммарный баланс металлов по гравитационно-флотационному обогащению руды 3 – го типа месторождений «Узынжал»

6.1 Технологическая схема обогащения и баланс металлов

В результате проведенных исследований рекомендована гравитационно-флотационная технологическая схема обогащения руды 3-го типа месторождения Узынжал, рисунок 15.

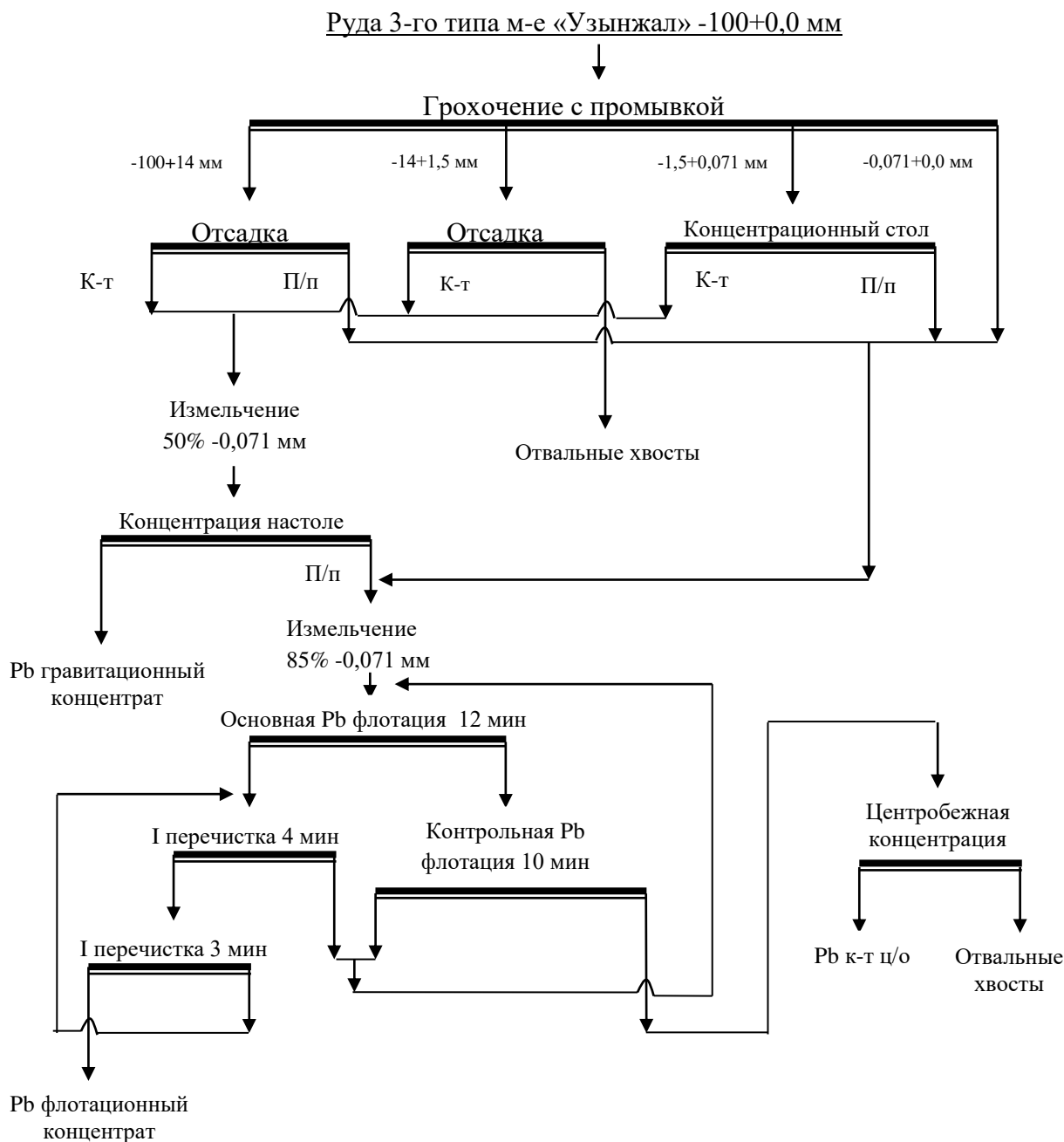


Рисунок 15 – Гравитационно-флотационная технологическая схема обогащения руды 3-го типа месторождения Узынжал

Таблица 16 – Общий баланс металлов обогащения пробы исходной руды 3-го типа месторождения «Узынжал»

Наименование	Выход от руды, %	Содержание, %			Извлечение, %		
		Pb	Zn	Ag, г/т	Pb	Zn	Ag
Гравитационный концентрат	5,38	51,53	0,26	17,20	46,89	1,94	5,25
Флотационный концентрат	2,13	57,91	0,33	149,0	20,85	0,97	18,03
Концентрат ц/о	3,17	6,75	0,62	12,30	3,62	2,72	2,21
Общий концентрат	10,68	39,51	0,38	42,03	71,36	5,63	25,49
Хвосты отсадки -14+1,5 мм	3,81	1,61	0,39	66,0	1,04	2,06	14,29
Хвосты ц/о	85,51	1,91	0,78	12,40	27,62	92,31	60,22
Общие хвосты	89,32	1,90	0,76	14,69	28,64	94,37	74,51
Руда	100,0	5,91	0,72	17,61	100,0	100,0	100,0

По разработанной технологической схеме выход общего концентрата составил 10,68 % с содержанием свинца 39,51 %, цинка 0,38 %, серебра 42,03 г/т, при общем извлечении свинца 71,36 %, цинка 5,36 % и серебра 25,49 %. Выход хвостов составил 89,32 % с содержанием свинца 1,90 %, цинка 0,76 %, серебра 14,69 г/т, при извлечении свинца 28,64 %, цинка 94,37 % и серебра 74,51 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучением вещественного и химического состава установлено, что в поступившей на исследование пробе руды основное количество свинца представлено окисленной формой (церуссит и англезит) и составило 68,90 %, свинца сульфидного 14,78 % и 16,32 % свинца, представленного трудно фторируемыми формами в виде пироморфита и плюмбоярозита;

Исследования по содержанию серебра по классам крупности имеет неравномерный характер, наибольшие содержания наблюдаются в крупных классах -100+60 мм – 62,27 г/т и -60+40 мм – 97 г/т. С уменьшением крупности содержание серебра плавно снижается от 58,40 г/т до 0,6 г/т в самом мелком классе -0,04+0,0 мм. В виду незначительного выхода крупных классов, исследования по обогащению отсадкой осуществлялось на машинных классах крупностью -100+14 мм и -14+1,5 мм;

Гравитационному обогащению, с использованием процесса отсадки, подвергались машинные классы крупностью – 100 + 14 мм, – 14 + 5 мм, -5 + 1,5 мм. Обогащение машинного класса крупностью – 1,5 + 0,0071 мм обогащался на центробежном концентраторе и концентрационном столе;

Также установлено, что при доводке на концентрационном столе черновых концентратов отсадок и концентрационного стола, измельченных до крупности 50 % класса -0,071 мм, возможно получить кондиционный гравитационный концентрат выходом 25,27 % от операции, с содержанием свинца 51,53 %, цинка 0,26 %, серебра 17,2 г/т при извлечении свинца 69,71 %, цинка 14,00 %, серебра 17,51 % от операции;

По разработанной гравитационно-флотационной технологической схеме обогащения выход общего концентрата составил 10,68 % со средним содержанием свинца 39,51 %, цинка 0,38 %, серебра 42,03 г/т, при общем извлечении свинца 71,36 %, цинка 5,36 % и серебра 25,49 %;

Выход хвостов обогащения составил 89,32 % с содержанием свинца 1,90 %, цинка 0,76 %, серебра 14,69 г/т, при извлечении свинца 28,64 %, цинка 94,37 % и серебра 74,51 %;

Оценка полноты решений поставленных задач. Все поставленные в работе задачи решены в полном объеме: изучен вещественный, исследован гранулометрический состав дробленых руд; изучена гравитационная обогатимость руд; выполнены все опыты по отсадке, концентрации на столе и в центробежном концентраторе; на основании полученных результатов разработана оптимальная технологическая схема переработки свинцово-баритовой руды;

Разработка рекомендаций и исходных данных по конкретному использованию полученных результатов. Разработанная технологическая схема обогащения свинцово-баритовой руды месторождения Узынжал, 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;

Оценка научно-технического уровня выполненной работы. Научно-технический уровень выполнения данной работы можно оценить, как высокий. Технологическая схема области переработки свинцово-баритовой руды является довольно простой в исполнении и позволяет сократить дальнейшие эксплуатационные расходы по процессам переработки данной руды;

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Рекомендации к технологическому регламенту: отчет о Нир - рук. Иванов Г.И.–М.: Усть-Каменогорск, 2011. - 90 С. - №6-10-73.
- 2 Леонов С.Б., Белькова О.Н. «Исследование полезных ископаемых на обогатимость» – М.: Интермет инжиниринг, 2001. – 631 С.
- 3 ГОСТ 4790-80. Метод фракционного анализа. – М.: Недра, 1988. – 22 С.
- 4 Райвич И.Д. Отсадка крупнокусковых руд. – М.: Недра, 1988. – 176 С.
- 5 <http://amurinform.ru/wp-content/uploads/2015/10/met.rek.svintsovye-itsinkovye-rudy2.pdf>
- 6 Шумская Е.Н., Поперечникова О. Ю., Купцова А. В.- М.: Горный журнал, 2016 №11 выпуск- 41 С.
- 7 Брусницын А.И., Перова Е.Н., Верещагин О.С., Бритвин С.Н., Летникова Е.Ф., Школьник С.И., Иванов А.В.- М.: Минералогия, 4(3) 2018- 85 С.
- 8 Абрамов А.А. Переработка, обогащение и комплексное использование твердых полезных ископаемых. Том 2. «Технология обогащения полезных ископаемых». Москва, МГТУ, 2006.
- 9 Абрамов А.А. Переработка, обогащение и комплексное использование твердых полезных ископаемых. Том 3. «Технология переработки и обогащения руд цветных металлов». Москва, МГТУ, 2006.
- 10 Абрамов А.А. Флотационные методы обогащения. Москва, МГТУ, 2008.
- 11 Смирнов С.С. «Зона окисления сульфидных месторождений». – М.: АН СССР, 1951.
- 12 Алгебраистова Н. К. Технология обогащения руд цветных металлов. –ИПК СФУ, 2009.
- 13 Телков Ш.А., Танабаева А.Ж. Исследование окисленной Свинцово баритовой пробы месторождения узунжал методом фракционного анализа. Труды международной научно-практической конференции «Сатпаевские чтения-2022. Тренды современных научных исследований» Алматы 2022.
- 14 Рахеев, Технологические схемы и режимы обогащения свинецсодержащих руд. Metallurgist.pro, 2019.
- 15 Курочкина А.В., Майоров А.Д., Мещанинова В.И., Митрофанов С.И., Щербаков В.А. Комбинированные процессы переработки руд цветных металлов. Недра, Москва, 1984 г., 216 С.
- 16 Кошербаев К.Т. Флотационный метод обогащения. Алматы, 2000, 270 С.
- Авдохин В.М. Основы обогащения полезных ископаемых. Обогащительные процессы. В 2-х томах. Том 1 / В.М. Авдохин. -

М.: Московский государственный горный университет / Горная книга, 2016. – 317 С.

17 Лукина, К. И. Обогащение полезных ископаемых. Учебное пособие /К.И. Лукина, В.П. Якушкин, А.Н. Муклакова. - М.: ИНФРА-М, 2016. - 224 С.

18 Бочаров В. А., Игнаткина В. А.Технология обогащения полезных ископаемых: В 2 т. Том 1: Минерально-сырьевая база полезных ископаемых. Обогащение руд цветных металлов, руд и россыпей редких металлов. – М.: ИД "Руда и Металлы", 2007.

19 Богданов О.С., Максимов И.И., Поднек А.К. Теория и технология флотации руд. М.: Недра, 1990. – 361 с.

20 Козин В.З. Исследование руд на обогатимость. – Екатеринбург, 2016. – 188 с.

Приложение А

Список опубликованных работ

- 1 Танабаева А.Ж., Телков Ш.А., Исследование окисленной свинцово-баритовой пробы месторождения узынжал методом фракционного анализа/ Труды сатпаевских чтений // Сатпаевский чтения 2022 г. - Т. 3. – С. 62-66.



**"СӘТБАЕВ ОҚУЛАРЫ-2022. ҚАЗІРГІ ҒЫЛЫМИ ЗЕРТТЕУЛЕРДІҢ
ТРЕНДТЕРІ" ХАЛЫҚАРАЛЫҚ ҒЫЛЫМИ-ПРАКТИКАЛЫҚ
КОНФЕРЕНЦИЯ ЕҢБЕКТЕРІ**

12 сәуір 2022 ж.

III Том

**ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ «САТБАЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ – 2022. ТРЕНДЫ
СОВРЕМЕННЫХ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ»**

12 апреля 2022 г.

Том III

**PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL
CONFERENCE "SATBAYEV CONFERENCE - 2022. TRENDS IN MODERN
SCIENTIFIC RESEARCH"**

12 April 2022

Volume III

Алматы 2022

А
Ч
"I

ИССЛЕДОВАНИЕ ОКИСЛЕННОЙ СВИНЦОВО-БАРИТОВОЙ ПРОБЫ МЕСТОРОЖДЕНИЯ УЗЫНЖАЛ МЕТОДОМ ФРАКЦИОННОГО АНАЛИЗА

А.Ж. Танабаева[✉], Ш.А. Телков[✉]

Satbayev University, Казахстан, г. Алматы

i_love_mamy@bk.ru

Аннотация. На месторождении «Узынжал» выделены следующие природные сорта руды: сульфидные руды с содержанием окисленных соединений свинца до 15 %; смешанные руды с содержанием окисленных соединений свинца от 15 % до 40 %; Окисленные руды с содержанием окисленных соединений свинца более 40 %.

В настоящее время ТОО «Казинк» планирует начать промышленную добычу и переработку окисленных свинцово-баритовых руд месторождения «Узынжал» в условиях АО «Жайремский ГОК». В связи с этим возникла необходимость проведения исследований на пробах руды месторождения «Узынжал» различного минерального состава, с определением возможности получения свинцового концентрата с содержанием свинца не менее 39 % и извлечением свинца не менее 78-80 % по гравитационно-флотационной схеме обогащения. Для этого начали исследование с фракционного анализа машинных классов.

Ключевые слова. гравитация, фракционный анализ, рассев, отмывка, свинец, цинк.

Фракционные анализы выполнялись на машинных классах крупностью -100+40 мм, - 40+14 мм, -14+5 мм и -5+1,5 мм, предварительно отмытых по классу -1,5+0,0 мм.

Результаты рассева (промывки) приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты рассева класса крупностью +1,5 мм

Наименование продуктов	Выход, %	Содержание, %			Извлечение, %		
		Pb	Zn	Ag, г/т	Pb	Zn	Ag
-100+40	3,22	3,54	0,59	53,41	2,14	2,70	10,34
-40+14	7,89	8,74	0,49	44,73	12,94	5,49	21,23
-14+5	5,81	16,40	0,38	47,22	17,88	3,15	16,51
-5+1,5	5,49	10,07	0,42	39,46	10,38	3,22	13,03
-1,5+0,0	77,59	3,89	0,78	8,33	56,66	85,44	38,89
Итого	100,00	5,33	0,71	16,62	100,00	100,00	100,00

По результатам рассева выход мелкого класса крупностью -1,5+0,0 мм составил 77,59 % от руды, с содержанием свинца – 3,89 %:

Содержание металлов в пробе руды крупностью -100+0 мм подвергаемой фракционному анализу составило: Pb – 5,33 %, Zn – 0,71 % и Ag – 16,62 г/т.

Расслоение машинных классов проводилось по плотности: 2700, 2800 и 2950кг/м³.

Результаты фракционного анализа приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Распределение свинца, цинка, серебра по фракциям плотности и классам крупности в исходной руде, дробленной до 100 мм

Фракции плотности, г/см ³	Выход, % от		Содержание, %			Извлечение от класса, %			Извлечение от руды, %		
	класса	руды	Pb	Zn	Ag, г/т	Pb	Zn	Ag	Pb	Zn	Ag
Класс -100+40 мм											
-2,70	42,74	1,38	3,15	0,54	67,20	37,95	38,81	53,88	0,81	1,05	5,58
-2,80+2,70	27,53	0,89	3,05	0,52	65,40	23,67	24,07	33,78	0,51	0,65	3,50
-2,95+2,80	26,24	0,84	4,69	0,74	24,20	34,69	32,65	11,91	0,74	0,88	1,22
+2,95	3,49	0,11	3,75	0,76	6,60	3,69	4,47	0,43	0,08	0,12	0,04
Итого	100,00	3,22	3,54	0,59	53,41	100,00	100,00	100,00	2,14	2,70	10,34

Продолжение таблицы 9

Класс -40+14 мм											
-2,70	21,03	1,66	0,97	0,21	83,20	2,34	8,96	39,09	0,30	0,49	8,30
-2,80+2,70	21,48	1,69	2,17	0,60	63,60	5,34	26,15	30,52	0,69	1,43	6,47
-2,95+2,80	32,45	2,56	3,00	0,70	37,60	11,16	46,09	27,26	1,44	2,53	5,79
+2,95	25,04	1,98	28,28	0,37	5,60	81,16	18,80	3,13	10,51	1,04	0,67
Итого	100,00	7,89	8,74	0,49	44,73	100,00	100,00	100,00	12,94	5,49	21,23
Класс -14+5 мм											
-2,70	28,65	1,66	0,45	0,17	84,80	0,79	12,71	51,44	0,14	0,40	8,47
-2,80+2,70	4,80	0,28	1,79	0,50	82,00	0,52	6,26	8,33	0,09	0,20	1,38
-2,95+2,80	18,37	1,07	2,82	0,72	77,20	3,16	34,51	30,03	0,57	1,09	4,97
+2,95	48,18	2,80	32,50	0,37	10,00	95,53	46,52	10,20	17,08	1,46	1,69
Итого	100,00	5,81	16,40	0,38	47,22	100,00	100,00	100,00	17,88	3,15	16,51
Класс -5+1,5 мм											
-2,70	45,52	2,50	0,49	0,14	65,60	2,21	15,33	75,72	0,23	0,49	9,87
-2,80+2,70	4,86	0,27	1,90	0,61	40,80	0,92	7,13	5,03	0,10	0,23	0,66
-2,95+2,80	16,06	0,88	3,04	0,90	17,60	4,84	34,76	7,17	0,50	1,12	0,93
+2,95	33,56	1,84	27,66	0,53	14,20	92,03	42,78	12,08	9,55	1,38	1,57
Итого	100,00	5,49	10,07	0,42	39,46	100,00	100,00	100,00	10,38	3,22	13,03
Класс -100+1,5 мм											
-2,70	32,13	7,20	1,10	0,24	74,39	3,43	16,74	52,72	1,48	2,43	32,22
-2,80+2,70	13,97	3,13	2,36	0,57	63,79	3,20	17,28	19,65	1,39	2,51	12,01
-2,95+2,80	23,87	5,35	3,24	0,74	40,13	7,50	38,56	21,13	3,25	5,62	12,91
+2,95	30,03	6,73	29,47	0,42	9,80	85,87	27,42	6,49	37,22	4,00	3,97
Итого	100,00	22,41	10,31	0,46	45,33	100,00	100,00	100,00	43,34	14,56	61,11
Отсев -1,5+0,0 мм		77,59	3,89	0,78	8,33				56,66	85,44	38,89
Руда		100,0	5,33	0,71	16,62				100,0	100,0	100,0

Результаты фракционного анализа показали, что в классе крупностью -100+40 мм разделение свинца, цинка и серебра по фракциям плотности не происходит. Содержание свинца в легкой, так и в тяжелой фракции находится на уровне его исходного содержания в классе и варьирует в диапазоне от 3,05 до 4,69 %.

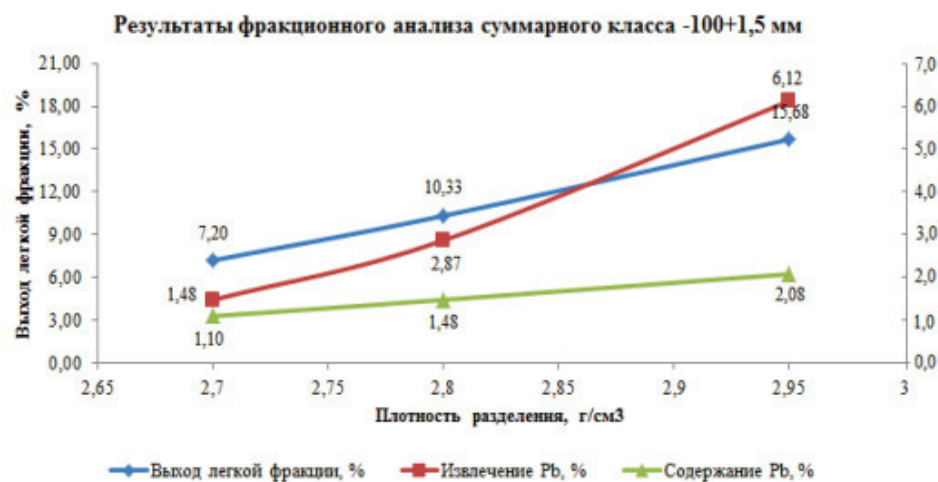
С понижением крупности, контрастность руды возрастает. Так в классе крупностью -40+14 мм содержание свинца во фракции плотностью более 2950 кг/м³ составило 28,28 % при выходе от класса 25,04 % (1,98 % от руды) и извлечении от класса 81,16 % (10,51 % от руды). Наблюдается большой выход промежуточных фракций плотностью 2700 - 2950 кг/м³ с содержанием свинца 3,0 и 2,17 %.

В классах -14+5 мм и -5+1,5 мм выход промежуточных фракций и содержание свинца снижается, увеличивается выход тяжелой фракции плотностью более 2950 кг/м³, при повышении извлечении свинца в данную фракцию на уровне 95-92 % от класса.

Основное количество серебра извлекается во фракции плотностью менее 2950 кг/м³.

Результаты фракционного анализа суммарного класса крупностью -100+1,5 мм показаны на рисунках 1 и 2.

а)



б)

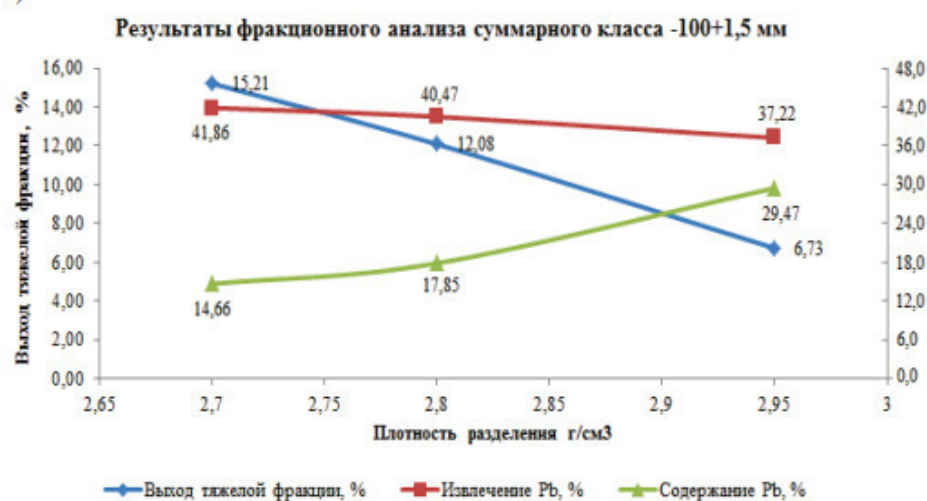


Рисунок 1 – Результаты фракционного анализа суммарного класса -100+1,5 мм по свинцу при выделении: а – легкой фракции; б – тяжелой фракции

РЕЦЕНЗИЯ

на магистерскую диссертацию
Танабаевой Алемгуль Жанарбековны

по специальности 7М07223 – Metallургия и обогащение полезных
ископаемых

на тему: «Разработка гравитационно-флотационной технологии обогащения
окисленной свинцово-баритовой руды месторождения Узынжал».

Выполнено:

- а) графическая часть на 19 листах
- б) пояснительная записка на 60 страницах

ХАРАКТЕРИСТИКА ДИССЕРТАЦИИ:

В магистерской диссертации в необходимом объеме выполнен литературный обзор минералогической характеристики свинцово-баритовых руд.

Проведена грамотная постановка задач исследований.

Изучен химический, гранулометрический состав, окисленных свинцово-баритовых руд. По результатам гранулометрического состава исследуемой руды определены машинные классы для их гравитационного обогащения. Полученные результаты позволили магистранту грамотно провести исследования по гравитационному и флотационному обогащению и разработать технологическую схему переработки руды.

Достоинство магистерской диссертации заключается в разработке технологии исследования по центробежной концентрации тонких классов окисленных свинцовых руд.

Результат магистерской диссертации апробированы на научно-практической конференции:

- Сатпаевские чтения- 2022 «Тренды современных и научных исследований» Алматы 2022.

Методики, использованные в рецензируемой магистерской диссертации и в частности постановки опытов по центробежной концентрации тонких классов, могут быть использованы в учебном процессе для развития навыков исследовательской работы у студентов.

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

Работу можно было дополнить технико-экономическими расчетами разработанных технологий.

ОЦЕНКА РАБОТЫ

Проведенные исследования в данной диссертации сравнимы с хорошими достижениями в области переработки свинцово-баритового сырья предъявляемым к данному виду научно-исследовательских работ. Исследования проведены на достаточно высоком уровне, заслуживают оценки отлично и присвоения автору – Танабаевой А.Ж. степени магистра по специальности 7М07223 – ~~Металлургия~~ и обогащение полезных ископаемых.

Рецензент



Малдыбаев Ғалымжан Кенжекеевич

Занимаемая должность: ~~Доктор~~ PhD, и.о. начальника производственно-технического департамента РГП «НЦ КПМС РК»

« 02 » 06 2023 г.

**ОТЗЫВ
НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ**

на магистерскую диссертацию
Танабаева Алемгуль Жанарбековна
по специальности 7М07223 – Metallургия и обогащение полезных
ископаемых
на тему: «Разработка гравитационно-флотационной технологии обогащения
окисленной свинцово-баритовой руды месторождения Узынжал»

В магистерской диссертации в достаточном объеме выполнен анализ существующих технологий переработки свинцовых руд в странах ближнего и дальнего зарубежья. На основании литературного обзора выполнена грамотная постановка задач исследований.

В работе выполнен в необходимом объеме исследования вещественного состава с применением минералогических, химических, пробирных, фазовых анализов. Основываясь на полученных данных по изучению вещественного состава проведены тесты по отработке гравитационного и флотационного обогащения.

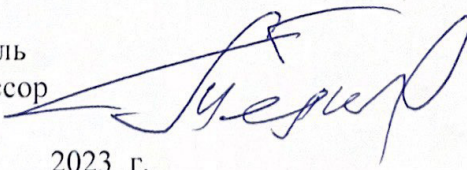
Выполнены схемные опыты по разработанной комбинированной гравитационно-флотационной технологии переработки окисленной руды месторождения Узынжал.

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 Танабаевой Алемгуль Жанарбековны соответствует предъявляемым требованиям, а автор заслуживает оценки «отлично» - 95 % и присуждения ему ученой степени магистра по специальности 7М07223 – Metallургия и обогащение полезных ископаемых

Научный руководитель
к.т.н., доцент, профессор



Ш.А. Телков

« 8 » 06 2023 г.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Танабаева Алемгуль Жанарбековна

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Магистерская диссертация

Название работы: Разработка гравитационно-флотационной технологии обогащения окисленной свинцово-баритовой руды месторождения Узынжал

Научный руководитель: Шамиль Телков

Коэффициент Подобия 1: 3.9

Коэффициент Подобия 2: 1.1

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 1

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

Дата
05.06.2023 г.

Заведующий кафедрой

Маме
Берменшинова М.Б.
8/8

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Танабаева Алемгуль Жанарбековна

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Магистерская диссертация

Название работы: Разработка гравитационно-флотационной технологии обогащения окисленной свинцово-баритовой руды месторождения Узынжал

Научный руководитель: Шамиль Телков

Коэффициент Подобия 1: 3.9

Коэффициент Подобия 2: 1.1

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 1

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

Дата
05.06.2023.

Тажиев С.Б.
проверяющий эксперт



Метаданные

Название

Разработка гравитационно-флотационной технологии обогащения окисленной свинцово-баритовой руды месторождения
Узынжал

Автор

Танабаева Алемгуль Жанарбековна

Научный руководитель / Эксперт

Шамиль Телков

Подразделение

Г_М_И

Список возможных попыток манипуляций с текстом

В этом разделе вы найдете информацию, касающуюся текстовых искажений. Эти искажения в тексте могут говорить о ВОЗМОЖНЫХ манипуляциях в тексте. Искажения в тексте могут носить преднамеренный характер, но чаще, характер технических ошибок при конвертации документа и его сохранении, поэтому мы рекомендуем вам подходить к анализу этого модуля со всей долей ответственности. В случае возникновения вопросов, просим обращаться в нашу службу поддержки.

Замена букв		1
Интервалы		0
Микропробелы		0
Белые знаки		0
Парафразы (SmartMarks)		12

Объем найденных подоби

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



25

Длина фразы для коэффициента подобия 2



4173

Количество слов



29303

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 файла	Количество идентичных слов (фрагментов)	Цвет текста
1	Исследование обогатимости и разработка технологии переработки окисленных свинцово-баритовых руд с использованием гравитационных процессов обогащения 5/25/2019 Satbayev University (Г_М_И)	45	1.08 %
2	Исследование обогатимости и разработка технологии переработки окисленных свинцово-баритовых руд с использованием гравитационных процессов обогащения 5/25/2019 Satbayev University (Г_М_И)	16	0.38 %

3	Исследование обогатимости и разработка технологии переработки окисленных свинцово-баритовых руд с использованием гравитационных процессов обогащения 5/25/2019 Satbayev University (Г_М_И)	13	0.31 %
4	Исследование обогатимости и разработка технологии переработки окисленных свинцово-баритовых руд с использованием гравитационных процессов обогащения 5/25/2019 Satbayev University (Г_М_И)	10	0.24 %
5	https://chermetinfo.elpub.ru/jour/article/viewFile/1094/1061	9	0.22 %
6	Исследование обогатимости и разработка технологии переработки окисленных свинцово-баритовых руд с использованием гравитационных процессов обогащения 5/25/2019 Satbayev University (Г_М_И)	8	0.19 %
7	Исследование обогатимости и разработка технологии переработки окисленных свинцово-баритовых руд с использованием гравитационных процессов обогащения 5/25/2019 Satbayev University (Г_М_И)	8	0.19 %
8	Исследование обогатимости и разработка технологии переработки окисленных свинцово-баритовых руд с использованием гравитационных процессов обогащения 5/25/2019 Satbayev University (Г_М_И)	8	0.19 %
9	Исследование обогатимости и разработка технологии переработки окисленных свинцово-баритовых руд с использованием гравитационных процессов обогащения 5/25/2019 Satbayev University (Г_М_И)	7	0.17 %
10	https://chermetinfo.elpub.ru/jour/article/viewFile/1094/1061	6	0.14 %

из базы данных RefBooks (0.00 %)

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

из домашней базы данных (3.40 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
1	Исследование обогатимости и разработка технологии переработки окисленных свинцово-баритовых руд с использованием гравитационных процессов обогащения 5/25/2019 Satbayev University (Г_М_И)	142 (13) 3.40 %

из программы обмена базами данных (0.00 %)

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

из интернета (0.50 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	ИСТОЧНИК URL	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
1	https://chermetinfo.elpub.ru/jour/article/viewFile/1094/1061	21 (3) 0.50 %

Список принятых фрагментов (нет принятых фрагментов)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР

СОДЕРЖАНИЕ

КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)