

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский  
технический университет имени К.И.Сатпаева»

Горно-металлургический институт имени О.А. Байконурова

Кафедра «Металлургия и обогащение полезных ископаемых»

Жарылғапова Аида Талғатқызы

«Разработка комбинированной гравитационно-флотационной технологии переработки  
полиметаллической руды месторождения «Узынжал»»

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

ОП 7М07226 – «Обогащение полезных ископаемых»

Алматы 2024

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский  
технический университет имени К.И.Сатпаева»

Институт Горно-металлургический имени О. А. Байконурова

УДК 622.75/77.762.765

На правах рукописи

Жарылганова Аида Талгатқызы

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

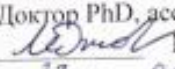
На соискание академической степени магистра

Название диссертации


«Разработка комбинированной  
гравитационно-флотационной  
технологии переработки  
полиметаллической руды месторождения  
«Узынжал»»

Направление подготовки

7M07226 – Обогащение полезных  
ископаемых

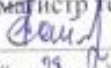
Научный руководитель  
Доктор PhD, асоц. профессор  
 Мотовилов И. Ю.  
« 27 » 05 2024 г.




Рецензент  
Заместитель начальника производственно-  
технического отдела ГОК «Пустынное»,  
магистр техн. наук  
 Кучербаев Б. Р.  
« 28 » 05 2024 г.

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

Норм контроль

Ведущий инженер кафедры МиОПИ,  
магистр техн. наук  
 Таймасова А. Н.  
« 28.0 » 05 2024 г.

**ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ**  
Заведующей кафедрой МиОПИ  
канд. техн. наук, асоц.  
профессор  
 Барменшинова М.Б.  
« 28 » 05 2024 г.

Алматы 2024

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский  
технический университет имени К.И.Сатпаева»

Институт Горно-металлургический имени О. А. Байконурова

Кафедра «Металлургии и обогащения полезных ископаемых»

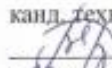
7M07226 – «Обогащение полезных ископаемых»

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующая кафедрой

МиОПИ

канд. техн. наук, ассоц. профессор

 Барменшинова М.Б.

«28» 10/05 2024 г.

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение магистерской диссертации**

Магистранту Жарылгаповой Анде Талгаткызы

Тема: «Разработка комбинированной гравитационно-флотационной технологии переработки полиметаллической руды месторождения «Узынжал»»

Утверждена приказом Ректора Университета № 408-П/О от 23.11.2022.

Срок сдачи законченного проекта: «28» мая 2024 г.

Исходные данные к магистерской диссертации: сульфидная свинцово-цинковая руда месторождения «Узынжал».

Перечень подлежащих разработке в магистерской диссертации вопросов:

- а) провести анализ литературных источников обогащения свинцово-цинковых руд;
- б) изучить гранулометрический, химический, минералогический и фазовый состав полиметаллической руды;
- в) выполнить эксперименты по отработке режима гравитационного обогащения;
- г) выполнить эксперименты по отработке режима флотационного обогащения;
- д) разработать технологическую схему переработки полиметаллической руды месторождения «Узынжал» выполнить расчет баланса металла.

Перечень графического материала: демонстрационный материал с результатами исследований не менее чем на 18 слайдах.

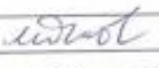
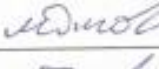
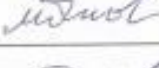
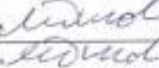


Рекомендуемая основная литература:

1. Абрамов А. А. Технология и переработка и обогащения руд цветных металлов. М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2005.
2. Полькин С. И., Адамов Э. В. Обогащение руд цветных и редких металлов. М.: «Недра», 1975.
3. Полькин С. И., Адамов Э. В. Обогащение руд цветных металлов. М.: Недра, 1983.
4. Конаев В. А. Флотация сульфидов. М.: Недра, 1985.

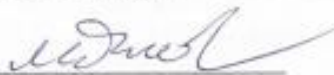
**ГРАФИК**  
подготовки магистерской диссертации

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю и консультантам	Примечание
Введение	10.10.2022	
Аналитический обзор литературы	25.11.2022	
Методика исследований	27.01 - 10.04.2023	
Экспериментальная часть	05.09.2023 - 15.02.2024	
Заключение	18.03 - 15.04.2024	

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

Наименование разделов	Научный руководитель, консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Введение	И.Ю. Мотовилов Доктор PhD, ассоциированный профессор	15.05.2024	
Аналитический обзор литературы		15.05.2024	
Методика исследований		15.05.2024	
Экспериментальная часть		15.05.2024	
Заключение		15.05.2024	
Нормоконтролер	А.Н. Таймасова Ведущий инженер кафедры МиОПИ, магистр техн. наук	18.05.2024	

Научный руководитель



И.Ю. Мотовилов

Задание приняла к исполнению



А.Т. Жарылгапова

Дата

« 28 » 05 2024 г.

## АНДАТПА

Магистрлік диссертация Қазақстанда да, одан тыс жерлерде де сульфидті қорғасын-мырыш кендерін барлау мен өндірудің ағымдағы жай-күйін жан-жақты зерттеу болып табылады.

Қазіргі заманғы талдау әдістерін қолдана отырып, кендердің нақты, минералды, фазалық, химиялық және рационалды құрамдарының әртүрлі аспектілері зерттелді.

Зерттеулер кеннің алдын-ала концентрациясын және кейінгі алдын-ала байытылған гравитациялық байытудың өнімін флотациялауды қамтыды. Гравитациялық байыту әдістерін қолдана отырып, практикалық эксперименттер жүргізілді, сонымен қатар компоненттердің оңтайлы бөлінуіне қол жеткізу үшін флотациялық байыту жүргізілді.

Нәтижелер қорғасын мен мырыштың аттас концентраттарын алуға бағытталған біріктірілген гравитациялық-флотациялық байыту схемасын әзірлеуге негіз болды.

Диссертациялық жұмыстың құрылымына тапсырма, кіріспе, жүргізілген зерттеулердің егжей-тегжейлі сипаттамасы бар 6 тарау, Қорытынды және әдебиеттер тізімі кіреді. Жұмыста ұсынылған ақпаратты толықтыратын және тереңдететін 17 сурет пен 22 кестеден тұратын кең аналитикалық материал ұсынылған.

## АННОТАЦИЯ

Магистерская диссертация представляет собой всестороннее исследование текущего состояния добычи и производства сульфидных свинцово-цинковых руд как в Казахстане, так и за его пределами.

С использованием современных методов анализа были изучены различные аспекты вещественного, минерального, фазового, химического и рационального составов руды.

Исследования включали использование предварительной концентрации и последующей флотации предобогащенного продукта гравитационного обогащения. Были проведены практические эксперименты с применением гравитационных методов обогащения, а также выполнено флотационное обогащение для достижения оптимального разделения компонентов. Полученные результаты послужили основой для разработки комбинированной гравитационно-флотационной схемы обогащения, направленной на получение одноименных концентратов свинца и цинка.

Структура диссертационной работы включает задание, введение, 6 глав с детальным описанием проведенных исследований, заключение и список литературы. В работе представлен обширный аналитический материал, включающий 17 рисунков и 22 таблиц, что дополняет и углубляет представленную информацию.

## ABSTRACT

The Master's thesis is a comprehensive study of the current state of mining and production of sulfide lead-zinc ores both in Kazakhstan and abroad.

Various aspects of the material, mineral, phase, chemical and rational ore compositions have been studied using modern analysis methods.

The research included the use of pre-concentration and subsequent flotation of the pre-enriched gravity enrichment product. Practical experiments were carried out using gravitational enrichment methods, and flotation enrichment was performed to achieve optimal separation of components. The obtained results served as the basis for the development of a combined gravity-flotation enrichment scheme aimed at obtaining lead and zinc concentrates of the same name.

The structure of the dissertation work includes a task, an introduction, 6 chapters with a detailed description of the research conducted, a conclusion and a list of references. The paper presents extensive analytical material, including 17 figures and 22 tables, which complements and deepens the information provided.

## СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	7
1	Аналитический обзор литературных источников	9
1.1	Характеристика полиметаллических свинцово-цинковых руд	9
1.2	Применение предварительного обогащения свинцово-цинковых руд	11
1.3	Технологии переработки свинцово-цинковых руд	13
1.3.1	Выбор оптимальной схемы обогащения свинцово-цинковых руд с учетом их особенностей	13
1.3.2	Схемы и режимы обогащения свинцово-цинковых руд	14
1.4	Перспективы применения новых реагентов в флотационном обогащении свинцово-цинковых руд	16
1.5	Анализ литературных источников и постановка задач исследований	19
2	Методика исследований	20
2.1	Гранулометрический анализ	20
2.2	Гравитационное обогащение	21
2.3	Флотационное обогащение	21
3	Технологические исследования	23
3.1	Объект исследования	23
3.2	Характеристика сырья	23
3.3	Подготовка пробы к технологическим исследованиям	24
3.4	Изучение вещественного и гранулометрического состава	25
3.4.1	Изучение вещественного и химического состава	25
3.4.2	Минералогический анализ руды	28
3.4.3	Изучение гранулометрического состава	28
3.4.4	Выводы по разделу изучение вещественного и гранулометрического состава	29
3.5	Гравитационное обогащение руды	30
3.5.1	Отсадка машинного класса –16+3 мм	30
3.5.2	Рекомендуемая схема гравитационного обогащения руды сульфидного типа и баланс металлов	31
3.6	Обогащение руды флотацией	33
3.6.1	Отработка режима флотации свинцового цикла в открытом цикле	33
3.6.2	Исследование кинетики флотации свинцового цикла	36
3.6.3	Отработка режима флотации цинкового цикла в открытом цикле	37
3.6.4	Исследования по снижению извлечения цинка в свинцовый продукт	39
3.6.5	Выполнение замкнутого опыта	41
3.6.6	Гранулометрический состав конечных продуктов флотации	44
3.7	Рекомендуемая схема обогащения и баланс металлов	45
	Заключение	48
	Список использованной литературы	50
	Приложения А	52

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность.** Один из основных экономических индикаторов для любого современного государства – это объем производства и потребления различных металлов, включая цветные металлы, такие как медь, свинец, цинк, алюминий и никель.

В 2000 году Казахстан занимал важное положение в производстве цветной металлургии СНГ. Удельный вес страны в общем объеме добычи свинцово-цинковой руды, выпуске свинца и цинка в концентратах, а также в производстве металлического свинца, цинка и баритовых концентратов составлял значительные показатели. Эти пропорции сохранялись и в последующие годы.

Однако, как и во всем мире, в Казахстане наблюдались тенденции снижения качества и ухудшения минерально-технологических свойств руд. Этот процесс затрагивал как богатые и легкообогатимые руды, которые практически были отработаны, так и труднообогатимые руды, залегающие в сложных географических и горно-геологических условиях. Для восполнения погашенных запасов и компенсации выбывающих мощностей в основном использовались именно эти труднообогатимые руды.

Поэтому, для поддержания устойчивого развития горнодобывающей отрасли в Казахстане, было важно осуществлять полное и эффективное использование минерального сырья. Это требовало разработки новых технологий и стратегий, а также постоянного мониторинга и анализа ситуации на рынке и в горнодобывающей отрасли.

В современной горнодобывающей промышленности отмечается стабильное ухудшение качества минерального и техногенного сырья. В частности, доля труднообогатимого сырья в общем объеме перерабатываемых руд цветных металлов постепенно увеличивается из-за его тонкой вкрапленности.

Из-за этих особенностей свинцово-цинковые руды обычно являются труднообогатимыми, что создает сложности при их обогащении. Существующие технологии переработки базируются на применении сложных и развитых флотационных схем с промпродуктовыми циклами и использовании больших количеств реагентов. Технологические характеристики руд определяются их минералогическим составом, включая состав, вкрапленность, проращение, свойства основных рудных минералов, которые могут отличаться не только для разных месторождений, но и для различных типов руд, составляющих одно месторождение [1].

На примере Шалкиинского месторождения наблюдается, что традиционный метод селективного обогащения свинцово-цинковых руд сопровождается значительными потерями металла с отходами, достигающими до 50%.

Результаты дисперсионного анализа измельченной руды показывают, что она характеризуется тонкой вкрапленностью, при этом большая часть

полезных компонентов, таких как свинец (50,93 %) и цинк (51,31 %), сосредоточена во фракции размером –20 до +0 мкм. Эта фракция относится к труднообогатимой шламовой крупности, что представляет серьезные вызовы для процесса обогащения.

Из-за очень мелкой дисперсности минералов галенита и сфалерита, их тесного взаимного прорастания с порообразующими минералами становится сложно получить высококачественные свинцовый и цинковый концентраты. Это указывает на необходимость разработки и внедрения более эффективных и инновационных технологий обогащения, способных справиться с вызовами, связанными с труднообогатимым сырьем [2].

В свете вышеизложенного, важной **задачей** является – разработка инновационной комбинированной гравитационно-флотационной схемы для переработки сульфидной свинцово–цинковой руды месторождения "Узынжал".

**Цель магистерской диссертации** – изучение обогатимости сульфидных свинцово-цинковых руд и разработка оптимальной технологии их обработки.

**Объект исследования** сульфидная свинцово-цинковая руда месторождения "Узынжал".

**Предмет исследования** разработка гравитационно-флотационной схемы обогащения сульфидной руды с получением высококачественных концентратов свинца и цинка.

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

- а) провести анализ литературных источников обогащения свинцово-цинковых руд;
- б) изучить гранулометрический, химический, минералогический и фазовый состав полиметаллической руды;
- в) выполнить эксперименты по отработке режима гравитационного обогащения;
- г) выполнить эксперименты по отработке режима флотационного обогащения;
- д) разработать технологическую схему переработки полиметаллической руды месторождения «Узынжал» выполнить расчет баланса металла.

**Научная новизна работы** заключается в исследовании и внедрении в процесс предварительного обогащения руды процессом отсадки для повышения эффективности основного процесса обогащения.

**Практическая значимость:** Разработанная технология обогащения сульфидных свинцово-цинковых руд послужила основой для составления технологического регламента по переработке руды месторождения «Узынжал».



## **1 Аналитический обзор литературных источников**

### **1.1 Характеристика полиметаллических свинцово-цинковых руд**

Переработка свинцово-цинковых руд представляет собой сложный и много этапный процесс, обусловленный разнообразием минералов, входящих в их состав, и их физическими свойствами. Эти руды часто содержат различные сульфидные минералы, такие как галенит и сфалерит, которые обладают разной плотностью, твердостью и другими характеристиками, что требует применения различных методов обработки для эффективного извлечения свинца и цинка из руды.

Кроме того, свинцово-цинковые руды обычно являются полиметаллическими, то есть они содержат не только свинец и цинк, но и другие ценные металлы, такие как медь, серебро и золото. Это добавляет дополнительные сложности в процессе обработки, так как необходимо обеспечить высокую эффективность извлечения каждого металла при минимальных потерях.

Свинец и цинк, обычно встречающиеся совместно в природе, формируют месторождения сульфидных свинцово-цинковых руд, которые иногда содержат также другие промышленно важные металлы. Минеральный состав этих руд разнообразен, включая более 100 видов минералов, таких как сложные сульфиды, силикаты, арсенаты, сульфаты, карбонаты и другие. Значительная доля свинца и цинка может находиться в виде изоморфных примесей в сульфидах и породообразующих минералах.

Месторождения таких руд можно разделить на несколько типов:

1 Месторождения метаморфических пород, где содержание свинца составляет 6–15%, а цинка – 5–12 %;

2 Колчеданные месторождения, характеризующиеся высоким содержанием паевых долей металлов, достигающих 20 %;

3 Месторождения карбонатной породы, где процентное содержание металлов может значительно варьироваться;

4 Линейные месторождения, где количество ценного вещества также может варьироваться.

Содержание руд на месторождениях в Казахстане, таких как Текелийский и Карагайлы, различается в зависимости от типа месторождения [3].

Цинк имеет обширную структуру употребления начиная от строительства до медицины. По данным состояния минерально-сырьевой базы запасы этого металла в Казахстане оцениваются в 28,4 млн т (9,5 % мировых запасов), такие данные дают возможность нашей стране находиться на четвертом месте в мире после Австралии, США и России. Запасы цинка сконцентрированы в 50 месторождениях, преимущественно в полиметаллических рудах. В основном часть произведенного из руды концентрата экспортируется в зарубежные страны, что свидетельствует о потребности данного металла.

А свинец имеет относительно узкую сферу применения, это зависит от одной области – автомобильной промышленности, где этот металл используют для производства аккумуляторных батарей. Запасы свинца сосредоточены в большой мере в 50 месторождениях и насчитали в 144 млн тонн на 2023 год [4]. В таблице 1 и 2 приведены данные по потреблению свинца и цинка.

Таблица 1 – Структура потребления цинка в отдельных развитых странах, в %

Потребление	США	Япония	Германия	Великобритания
Процесс оцинкования	37	56	33	26
Производство:				
Отливки под давлением	34	17	11	20
Латуни	12	14	36	28
Оксида цинка	11	3	6	11
Цинкового проката	3	5	13	7
Прочих изделий	4	5	1	8
Итого	100	100	100	100
Отрасли: 100				
Строительство	34	43	43	37
Транспортное машиностроение	40	29	28	28
Общее машиностроение	16	10	18	18
Прочие	10	18	11	17
Итого	100	100	100	100

Таблица 2 – Структура потребления свинца в странах с развитой рыночной экономикой, %

Потребители	США	Германия	Велико-британия	Япония*	Франция
Автомобильная промышленность	76	46	42	42	50
Химическая промышленность	6	26	11	20	15
Общее машиностроение	10	5	9	6	5
Строительство	2	12	16	9	7
Электротехническая	1	9	11	9	13
Прочие	5	2	11	14	10

Одним из основных вызовов при переработке свинцово-цинковых руд является неоднородность состава руды. Руды часто имеют сложную текстуру и структуру, что делает их обработку более сложной из-за необходимости специализированного оборудования и навыков для обеспечения оптимальной эффективности и производительности.

Кроме того, важно учитывать экологические аспекты при обработке свинцово-цинковых руд. Процессы обработки могут иметь негативное воздействие на окружающую среду из-за использования химических реагентов и образования отходов, поэтому необходимо принимать меры для минимизации их воздействия и соблюдения строгих экологических стандартов [5].

Основные потери металлов, прежде всего свинца, происходят на этапе обогатительной переработки, таблица 3. Одной из основных причин ухудшения показателей обогащения руд является существенное изменение состава рудной базы цветной металлургии. Это проявляется в снижении содержания металлов в рудах, а также в увеличении доли труднообогатимых руд, таких как Жайрем, Шалкия, Жезкент.

Таблица 3 – Показатели извлечения свинца и цинка по различным переделам, %

Передел	Извлечение		Относительные потери	
	Свинец	Цинк	Свинец	Цинк
Добыча	92,7	92,7	19,1	18,6
Обогащение	70,17	70,25	72,45	70,3
Металлургия	95,05	96,3	8,45	11,1
Сквозное извлечение	61,83	60,76	100,0	100,0

Технологические показатели обогащения на подобных типах месторождений ясно демонстрируют ограниченные перспективы в использовании селективных схем флотации, таблица 4 [4].

Таблица 4 – Показатели обогащения Pb-Zn руд

Месторождение	Содержание, %				Извлечение, %	
	В руде		В концентрате		Pb	Zn
	Pb	Zn	Pb	Zn		
Маунт- Айза, Австралия	7,3	7,3	36,6	50,9	56,0	84,4
Раммельберг, Германия	7,0	18,0	40,0	44,0	62,0	81,0
Мегген, Германия	1,2	9,0	35,0	51,0	54,0	93,0
Жайрем, Pb-Zn смеш, КОФ	0,42	3,31	35,75	42,1	26,6	44,2
Жайрем, Pb-Zn сульф, КОФ	1,27	3,91	38,2	45,7	51,0	64,1
Шалкия, КОФ	0,97	2,48	41,6	42,9	51,3	53,5

## 1.2 Применение предварительного обогащения свинцово-цинковых руд

Стремительное развитие технологий и научной базы ведет к изменениям в подходах к решению проблем переработки твердых полезных ископаемых. В результате внедряются новые экологически безопасные и комплексные технологии добычи и обогащения руд, что способствует интенсификации процессов и повышению технико-экономических показателей предприятий.

В последние годы в технологии обогащения сульфидных свинцово-цинковых руд активно применяются различные схемы и способы интенсификации процесса разделения. Это включает применение интенсивных методов пульпоподготовки, стабилизацию процессов измельчения и классификации для снижения тонины помола, а также

внедрение современных методов контроля и автоматизации, а также глубокое обеднение хвостов флотации.

Хотя сульфидные свинцово-цинковые руды обычно обогащаются флотационным методом, существует принципиальная возможность предварительного обогащения гравитационными методами. Это может снизить материальные затраты при флотации, поскольку предварительная концентрация позволяет выделить значительную часть минералов пустой породы.

На зарубежных фабриках, таких как в США, Италии, Канаде и Югославии, широко используется предварительное обогащение свинцово-цинковых руд гравитационным методом, преимущественно в суспензиях. На некоторых фабриках удалось выделить значительную долю легкой фракции с содержанием ценных компонентов, что позволяет использовать ее в других отраслях, например, в строительстве.

В СНГ предварительное обогащение сульфидных свинцово-цинковых руд в суспензиях в основном реализуется на фабрике №2 Лениногорского комбината в Казахстане. Здесь значительная часть свинца и цинка содержится в виде жил с крупными включениями галенита и сфалерита, а предварительная концентрация позволяет полностью удалить пустую породу с легкой фракцией.

Кроме того, обогатительная фабрика ТОО "Nova- Цинк", занимающаяся переработкой свинцово-цинковых руд Акжальского месторождения, применяет предварительную концентрацию исходного материала класса -45+9 мм в тяжелой суспензии.

Предварительное обогащение важный этап, на котором осуществляется извлечение основной доли ценных компонентов.

Как мы знаем, предварительное обогащение может быть выполнено либо в тяжелых средах, либо методом отсадки. Обогащение отсадкой и обогащение в тяжелых суспензиях - это два метода разделения полезных минералов и отвальных материалов на основе их различной плотности.

Метод отсадки, использующий воду в качестве среды для осаждения более плотных минералов, является простым и эффективным, особенно при обработке крупных частиц и при больших различиях в плотности материалов. Он отличается низким энергопотреблением и простотой конструкции, что делает его привлекательным с экономической точки зрения.

С другой стороны, метод обогащения в тяжелых суспензиях, где создается смесь воды и тяжелого материала для формирования тяжелой среды, эффективен при обработке мелких частиц и небольших различиях в плотности. Однако он требует специализированного оборудования и потребляет больше энергии.

Выбор между этими методами зависит от характеристик руды, требований к обогащению и экономической эффективности. В некоторых случаях, например, при стремлении к низкому энергопотреблению и простоте конструкции, более предпочтительным является метод отсадки.

Хвосты предварительного обогащения могут служить источником питания для флотационного обогащения.

### **1.3 Технологии переработки свинцово-цинковых руд**

#### **1.3.1 Выбор оптимальной схемы обогащения свинцово-цинковых руд с учетом их особенностей**

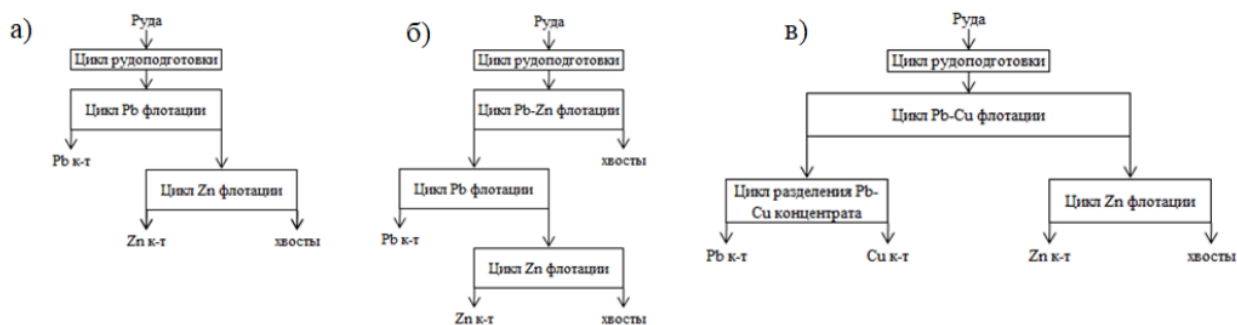
Решающий выбор технологической схемы флотационного обогащения сульфидных свинцово-цинковых руд зависит от множества факторов, включая распределение ценных минералов, присутствие активированных форм сфалерита и пирита, их распределение и флотуемость, а также характеристики вмещающих пород. В каждом конкретном случае схема флотации определяется на основе анализа технологических и экономических преимуществ различных вариантов.

При выборе наиболее подходящей технологической схемы обогащения сульфидных свинцово-цинковых руд важно учитывать разнообразные факторы, такие как состав руды, ее геологические особенности и флотационные свойства включенных минералов. Этот процесс обычно начинается с тщательного анализа различных вариантов с учетом их технических и экономических показателей.

Одним из возможных подходов является применение прямой селективной флотации, которая включает последовательную флотацию всей руды после ее предварительного измельчения. Однако такой метод имеет свои недостатки, включая высокие энергозатраты и большой объем используемого оборудования, а также ограничения в эффективности селекции и осуществлении водооборота на обогатительной фабрике.

Альтернативой может быть использование предварительной коллективной флотации всех сульфидов с последующим разделением коллективного концентрата. Этот подход позволяет сократить издержки на измельчение и флотацию путем отделения пустой породы на ранних стадиях процесса. Однако такой метод требует дополнительных этапов подготовки концентрата перед селекцией.

В настоящее время наиболее эффективными считаются различные варианты коллективно-селективной схемы флотации, включающие предварительную флотацию минералов меди и свинца с последующим разделением концентрата. Эти методы широко используются на фабриках, обрабатывающих полиметаллические руды, и позволяют достичь высокого уровня извлечения металлов при более низких эксплуатационных затратах [6].



а) прямая селективная флотация; б) предварительная коллективная флотация всех сульфидов с последующей селекцией коллективного концентрата; в) коллективно-селективная флотация

Рисунок 1 – Принципиальные схемы флотации

### 1.3.2 Схемы и режимы обогащения свинцово-цинковых руд

Сульфидные, окисленные и смешанные свинцово-цинковые руды обрабатываются отдельно (рис. 2). При высоком содержании охристо-глинистых шламов и растворимых солей их удаляют, промывая крупнодробленую руду на грохоте, в бутаре, скруббере или лог-уошере. Эта операция улучшает выделение сульфидов и качество концентратов, активизирует флотацию окисленных минералов свинца и цинка и снижает расход реагентов. Удаление тонких шламов и солей перед флотацией свинцовых и цинковых руд обязательно для железистых глинистых руд.

При крупной вкрапленности минералов свинца и цинка или благоприятной текстуре руд на начальном этапе применяют сортировку и предконцентрацию. Для фабрик, перерабатывающих сульфидные свинцово-цинковые руды, используется схема прямой селективной флотации (рис. 2). Схема с предварительной коллективной флотацией всех сульфидов и последующим разделением коллективного концентрата применяется для руд с крупными включениями сульфидов и тонким взаимопроращением.

Выбор схемы флотации окисленных и смешанных свинцово-цинковых руд зависит от соотношения и типа сульфидных и окисленных минералов свинца и цинка, а также от содержания сульфидов железа. При малом количестве сульфидов железа сначала флотируют свинцовые минералы, затем сульфиды цинка (иногда вместе с сульфидами железа) и окисленные минералы цинка. При значительном количестве пирита и марказита используют схему последовательного извлечения сульфидов свинца, цинка, железа, окисленных минералов свинца и затем цинка.

Селективную флотацию сульфидных минералов свинца из сульфидных и смешанных руд и коллективных концентратов проводят с использованием ксантогенатов и аэрофлотов. В качестве депрессоров сульфидов цинка и железа применяют цианид (2–100 г/т) и цинковый купорос (3–700 г/т) в

режиме Шеридана–Гриссвольда (рис. 2) при pH 7–9, создаваемом содой (10–300 г/т). Дробная дозировка реагентов улучшает показатели селективной флотации, повышая качество концентрата и извлечение свинца. Доизмельчение промпродуктов, межцикловая свинцовая флотация руды с разгрузкой мельницы, доизмельчающей песковую часть хвостов межциклового флотации, и небольшие добавки сульфидизатора в измельчение или основную флотацию способствуют улучшению процесса. Сульфидизатор усиливает депрессию сульфидов цинка за счет образования коллоидного сульфида цинка в пульпе, что улучшает флотацию окисленного галенита [7].

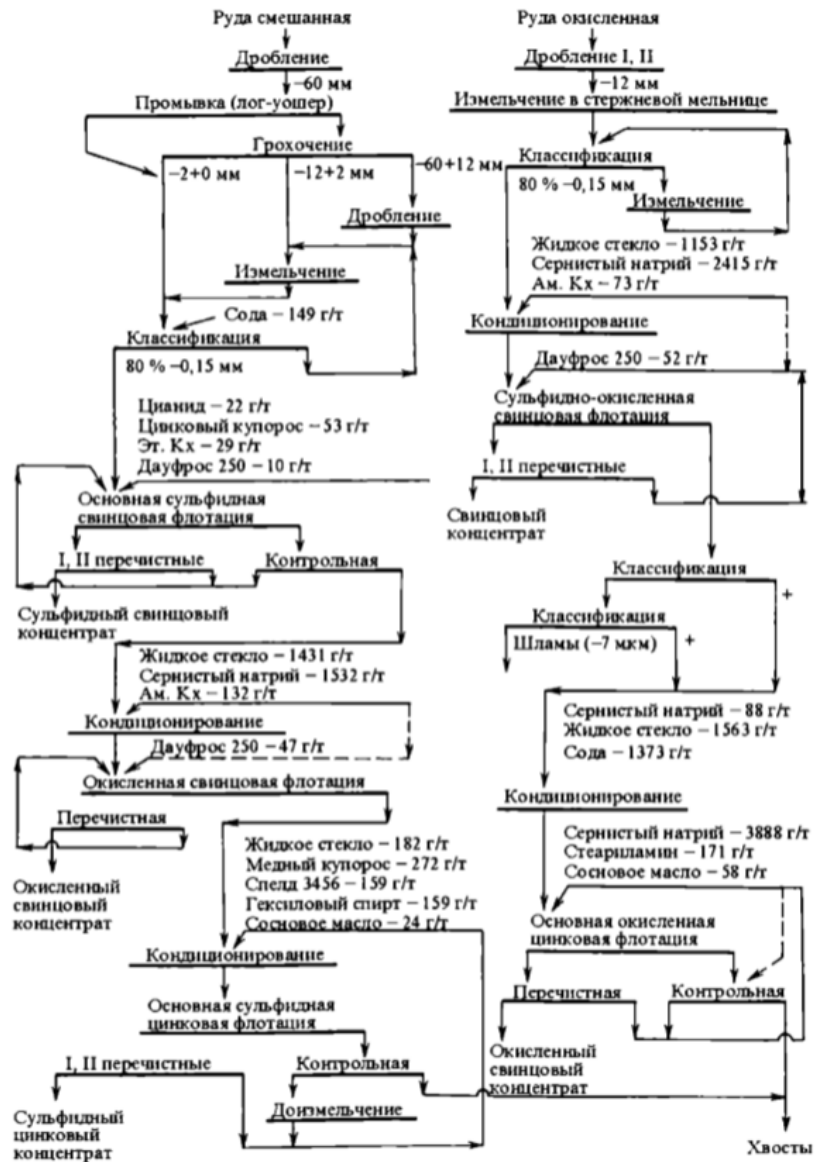


Рисунок 2 – Технологическая схема обогащения руд на фабрике «Буггеру»

#### 1.4 Перспективы применения новых реагентов в флотационном обогащении свинцово-цинковых руд

Выбор технологической схемы флотационного обогащения сульфидных свинцово-цинковых руд зависит от множества факторов, включая характеристики минерального сырья, вкрапленность ценных минералов и технологические и экономические преимущества различных вариантов схем [1].

На фабрике "Nova–Цинк" получают свинцовый и цинковый концентраты с высокими показателями извлечения. Однако, есть проблемы с потерями цинка в свинцовом концентрате, что требует решения.

Испытан модифицированный депрессор – полиметиленафталин-сульфонат (ПМНС) для снижения содержания цинка в свинцовом концентрате. ПМНС позволил повысить извлечение цинка в цинковый концентрат на 7,04%, сократив расход депрессоров в 2,5 раза.

Испытания ПМНС в данной работе проводились на свинцово-цинковой руде с таким содержанием металлов: свинец – 0,30 %, цинк – 3,05 %, железо – 0,52 %, диоксид кремния – 1,79 %, оксид алюминия – 0,87 %, оксид магния – 2,50 %, оксид кальция – 32,55 %. Для обогащения использовалась фабричная схема с применением цинкового купороса в качестве депрессора для цинковых минералов при общем расходе 380 г/т.

В базовом режиме были получены следующие результаты:

– свинцовый концентрат содержал 55,50 % свинца и 12,00 % цинка при извлечении свинца на уровне 78,38 % и потерях цинка в свинцовом концентрате на уровне 1,68 %;

– цинковый концентрат содержал 57,80 % цинка и 0,57 % свинца при извлечении цинка на уровне 88,82 % и потерях свинца в цинковом концентрате на уровне 8,84 %;

При использовании ПМНС без цинкового купороса видно, что при расходе ПМНС от 20 до 100 г/т наблюдается снижение содержания цинка в свинцовом концентрате на 4,80 % (с 11,50 % до 6,70 %), при одновременном снижении извлечения свинца в концентрат на 12,02 % (с 69,93 % до 57,91 %). Качество свинцового концентрата при этом незначительно повышается на 1,70 % при расходе ПМНС в 100 г/т и на 0,88 % при расходе 20 г/т. При использовании ПМНС в качестве депрессора при расходе от 20 до 100 г/т снижаются потери цинка в свинцовом концентрате, а потери свинца в цинковом концентрате увеличиваются.

При использовании ПМНС в сочетании с цинковым купоросом при расходе от 15 до 20 г/т снижается содержание цинка в свинцовом концентрате и повышается содержание свинца. В сочетании с цинковым купоросом снижаются потери цинка в свинцовом концентрате, но повышаются потери свинца в цинковом концентрате.

Таким образом, в лабораторных условиях использование ПМНС в качестве добавки к основному депрессору цинкового купороса показало



увеличение содержания цинка в цинковом концентрате и повышение извлечения.

В мировой практике часто используется метод депрессии сфалерита по методу Шеридана-Гризвольда, который включает в себя использование цианида в сочетании с сульфатом цинка в щелочной среде. Некоторые предприятия, такие как фабрика "Сулливан" и "Ривес Макдональд", также экспериментируют с применением только цианида или его сочетанием с Экоф Р-82 или цинковым купоросом. Целью исследований является разработка эффективного и экологически безопасного реагентного режима селекции свинцово-цинкового концентрата.

Исследования проводились на коллективном свинцово-цинковом концентрате из руды Горевского месторождения. Флотационные исследования проводились на механических флотационных машинах с различными объемами камер, применялись реагенты марки "ХЧ".

В процессе экспериментов коллективному свинцово-цинковому концентрату добавлялось дизельное топливо к основному собирателю – ксантогенату, с целью снижения потерь ценных компонентов. Для оценки качества технологических показателей продуктов цикла селекции использовался "цинковый модуль".

Для исследования флотационных характеристик коллективного концентрата была использована схема, представленная на рисунке 3.



Рисунок 3 – Схема селекции с добавлением цинката натрия

Для подавления сфалерита применялся цинкат натрия, расход которого определялся на основе практики действующих предприятий. Результаты исследований указаны в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты селекции с добавлением цинката натрия

Продукты	Выход		Содержание		Извлечение		Цинковый модуль
	г	%	Pb	Zn	Pb	Zn	
Концентрат 1	19	39,58	17,30	67,00	60,78	60,78	0,9
Концентрат 2	9	18,75	9,75	17,89	26,17	26,17	1,46

Продолжение таблицы 5

Продукты	Выход		Содержание		Извлечение		Цинковый модуль
	г	%	Pb	Zn	Pb	Zn	
Хвосты	20	41,57	3,71	15,11	13,05	13,05	0,86
Коллективный к-т	48	100	10,22	100	100	100	

Исследования с использованием цинката натрия в качестве депрессора показали недостаточную эффективность селекции. Проведены дополнительные исследования с применением других реагентов-депрессоров, но низкие показатели разделения связаны с использованием дизельного топлива в процессе получения коллективного концентрата.

Для улучшения эффективности разделения минералов была предпринята попытка десорбции аполярного собирателя с поверхности сульфидов с добавлением сернистого натрия и последующей отмывкой коллективного концентрата. Результаты приведены в таблице 6. Однако этот подход также не привел к желаемым результатам, что требует дальнейших исследований и разработки селективно действующих реагентов-собирателей. Технологическая схема изображена на рисунке 4.



Рисунок 4 – Результаты с предварительной десорбцией

Таблица 6 – Результаты селекции после отмывки

Продукты	Выход	Содержание		Извлечение		Цинковый модуль
		%	Pb	Zn	Pb	
Концентрат 1	10,87	32,86	7,62	31,79	11,23	0,35
Концентрат 2	17,39	25,75	8,97	39,85	21,15	0,53
Хвосты	71,74	4,44	6,95	28,36	67,62	2,38
Коллективный к-т	100	11,23	7,37	100,00	100,00	

Для достижения более эффективного разделения минералов рекомендуется внедрение дополнительных мероприятий, таких как отмывка

или другие специальные методы подготовки коллективного концентрата к селекции.

Исследование показывает, что помимо традиционных и потенциально опасных реагентов, таких как цианиды и сернистый натрий, можно успешно применять и другие альтернативные реагенты, такие как ПМНС (полимолекулярные низкомолекулярные соединения). Это может открыть новые возможности для обогащения руд и снижения вредного воздействия на окружающую среду [8].

### **1.5 Анализ литературных источников и постановка задач исследований**

С учетом проведенного обзора литературы можно сформулировать следующие заключения:

Переработка руд свинца и цинка представляет собой сложный и многоэтапный процесс, обусловленный разнообразием минералов, входящих в их состав, и их физическими свойствами. Эти руды часто содержат различные сульфидные минералы, такие как галенит и сфалерит, которые обладают разной плотностью, твердостью и другими характеристиками.

В последние годы в технологии обогащения сульфидных свинцово-цинковых руд активно применяются различные схемы и способы интенсификации процесса разделения. Это включает применение интенсивных методов пульпоподготовки, стабилизацию процессов измельчения и классификации для снижения тоннажа помола, а также внедрение современных методов контроля и автоматизации, а также глубокое обеднение хвостов флотации.

Хотя сульфидные свинцово-цинковые руды обычно обогащаются флотационным методом, существует принципиальная возможность предварительного обогащения гравитационными методами. Это может снизить материальные затраты при флотации, поскольку предварительная концентрация позволяет выделить значительную часть минералов пустой породы.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- изучить гранулометрический, химический, минералогический и фазовый состав полиметаллической руды;
- выполнить эксперименты по отработке режима гравитационного обогащения;
- выполнить эксперименты по отработке режима флотационного обогащения;
- разработать технологическую схему переработки полиметаллической руды месторождения «Узынжал» выполнить расчет баланса металла.

## **2 Методика исследований**

### **2.1 Гранулометрический анализ**

В горнодобывающей промышленности гранулометрический анализ играет ключевую роль в оптимизации процессов дробления, измельчения и обогащения руды. Этот анализ позволяет точно определить размерный состав руды, что является критическим фактором при проектировании и управлении оборудованием на горнодобывающих предприятиях.

Оптимальное управление размерным составом руды имеет прямое влияние на эффективность процессов обогащения. Знание распределения размеров частиц позволяет оптимизировать параметры дробления и измельчения, что в конечном итоге повышает выход ценных компонентов и снижает затраты на производство.

Гранулометрический анализ также помогает в выборе оптимальных технологических схем обогащения и подборе подходящего оборудования. Например, для обработки грубой руды требуется более сильное дробильное оборудование, тогда как для обработки мелкой руды может потребоваться более тонкое измельчающее оборудование.

Кроме того, гранулометрический анализ позволяет учитывать особенности каждой конкретной руды и адаптировать технологические процессы под её специфические характеристики. Это существенно сокращает вероятность потери ценных компонентов и повышает эффективность производства на горнодобывающих предприятиях.

Ситовой анализ - это один из наиболее распространенных методов для определения гранулометрического состава материала. Процесс включает в себя следующие шаги:

1 Подготовка образца: выполнялась комбинированная схема, включающая операцию отмывки первичных шламов по классу 0,04 мм, сушку песковой фракции и ее рассев на классы крупности;

2 Сортировка по размеру: Подготовленный образец руды загружается сверху на сита КСМ (ГОСТ 9758-86) с размерами отверстий, мм: 100, 60, 40, 20, 14, 5, 1,5, 0,5, 0,071, 0,04 [3], [5]. При вибрации более крупные частицы остаются на верхней поверхности сита, а более мелкие проходят через отверстия;

3 Взвешивание фракций: После завершения сортировки каждая фракция, задержанная на сите, взвешивается, чтобы определить процентное содержание материала в каждом размерном классе;

4 Анализ данных: Полученные данные обрабатываются с использованием специализированного программного обеспечения или ручным способом для определения среднего размера частиц, их распределения и других параметров гранулометрического состава [9].

## 2.2 Гравитационное обогащение

Гравитационное обогащение с применением отсадки - это метод разделения материалов на основе различия в их плотности. Он применяется в горнодобывающей промышленности для предварительного разделения смесей на компоненты различной плотности. Процесс основан на пропускании смеси через наклонную поверхность или отсадочный барабан, где более тяжелые частицы быстрее опускаются вниз, а более легкие поднимаются вверх. Таким образом, происходит естественное разделение материалов без применения химических реагентов. Этот метод позволяет получить более чистые концентраты и снизить количество обрабатываемых отходов. Преимущества гравитационного обогащения с применением отсадки заключаются в его относительной простоте и низкой стоимости, а также возможности обработки крупных объемов материала.

Таким образом, в рамках проведенного исследования был применен метод отсадки в целях обогащения рудного материала.

Применение метода отсадки в исследовании осуществлялось с использованием лабораторного пульсатора с пневматическим приводом. Для отсадки машинного класса крупностью  $-16+3$  мм были установлены следующие параметры: частота пульсаций составила 60 колебаний в минуту, амплитуда колебаний – 100 мм, цикл пульсаций имел синусоидальную форму (50 – 0 – 50), диаметр камеры – 250 мм, размер отверстий решета – 2,0 мм, высота естественной постели – 250 мм, расход подрешетной воды – 5 м<sup>3</sup>/т, а удельная нагрузка составила 10 т/ч·м<sup>2</sup>.

Для обогащения мелких классов крупностью 3–0 мм использовалась двухкамерная диафрагмовая отсадочная машина типа ОМЛ ЦНИГРИ. Параметры этой отсадки были следующими: частота пульсаций – 250 колебаний в минуту, амплитуда колебаний – 8 мм, искусственная постель состояла из зерен крупностью 8–10 мм и плотностью 3,5 т/м<sup>3</sup>, расход подрешетной воды – 3 м<sup>3</sup>/т, а удельная нагрузка – 4 т/ч·м<sup>2</sup>.

Различные методы отсадки и применяемое оборудование играют важную роль в процессе обогащения руды. Например, использование отсадки на лабораторном пульсаторе и диафрагмовой отсадочной машине позволяет эффективно разделить материалы разной крупности. Кроме того, концентрационный стол обеспечивает дополнительное обогащение концентратов. Эти методы обеспечивают оптимальное разделение материалов и повышают эффективность обогащения руды [10–11].

## 2.3 Флотационное обогащение

Флотация – это метод обогащения полезных ископаемых, использующий различия в способностях минералов удерживаться на межфазовой поверхности. Это обусловлено различием в их удельных

поверхностных энергиях. Этот процесс позволяет повысить содержание полезных компонентов в концентрате, улучшить эффективность добычи и снизить негативное воздействие на окружающую среду.

Флотационное обогащение проводилось с использованием стандартных лабораторных механических флотационных машин типа Механобр. Эти машины имели разные объемы камер, включая 3; 1,5; 1,0; 0,7 и 0,5 литра.

При выполнении процесса флотации осуществлялся подбор оптимальных параметров, таких как крупность измельчения, расходы сернистого натрия и бутилового ксантогената, чтобы обеспечить эффективное разделение минералов.

Исследования флотационного обогащения на лабораторных механических флотационных машинах позволили определить оптимальные параметры процесса, такие как крупность измельчения, расходы реагентов и другие. Эти результаты имеют практическую значимость для разработки эффективных технологических схем обогащения на промышленных предприятиях горнодобывающей отрасли. Внедрение рекомендаций, вытекающих из данного исследования, может повысить производительность и качество процессов обогащения руды, что в конечном итоге способствует улучшению экономических показателей предприятия [12–15].

### **3 Технологические исследования**

#### **3.1 Объект исследования**

Месторождение "Узынжал" является полиметаллическим месторождением, расположенным в географически выгодном районе. Оно было открыто в мае 1954 года, а разведка на месторождении проводилась в течение периода с 1957 по 1979 годы. Месторождение обладает крупными запасами свинца и расположено недалеко от транспортных и энергетических магистралей.

На месторождении "Узынжал" выделено несколько рудных участков, включая Центральный, Северо-Западный, Юго-Восточный и Южный. Основная масса руды сосредоточена на Центральном участке. Размеры рудного тела на Центральном участке впечатляют: по простиранию оно прослеживается на 2000 м, а мощность достигает до 90 м. Углы падения рудного тела изменяются в зависимости от напластования вмещающих пород.

Важно отметить, что на месторождении присутствуют различные типы руд: окисленные, смешанные и сульфидные. Окисленные руды имеют длину по простиранию около 800 м и включают различные минералы, такие как церуссит, пироморфит и другие. Смешанные руды и руды сульфидного состава также присутствуют на месторождении.

Таким образом, месторождение "Узынжал" представляет собой значимый ресурс с полиметаллическими запасами, что делает его объектом интереса для дальнейшего изучения и добычи.

#### **3.2 Характеристика сырья**

В месторождении Узынжал наибольшее распространение имеют рудные минералы, такие как галенит, сфалерит и минералы группы пирита. Свинец присутствует во всех типах руд, в то время как цинк встречается преимущественно в сульфидных рудах и в меньшей степени в смешанных. Окисленные руды не представляют промышленного интереса в контексте содержания цинка.

Окисленные руды в месторождении характеризуются повышенным содержанием барита. В сульфидных и смешанных рудах вмещающие породы представлены карбонатами, в то время как в окисленных рудах - силикатами. В зоне окисления преобладают глинистые массы желто-бурого цвета с слоистой текстурой.

В рудах также встречаются сульфосоли свинца, меди и серебра, такие как блеклая руда, бурнонит, буланжерит, прустит и геокронит. Дисульфиды железа, представленные минералами различной степени кристалличности, также играют значительную роль.

Руды месторождения Узынжал подразделяются на три типа в зависимости от временных кондиций: сульфидные, смешанные и окисленные.

Эти типы отличаются содержанием окисленного свинца в руде. Кроме того, вещественный состав окисленных руд разнообразен и включает в себя различные минералы с разной степенью глубины обогащения в зависимости от содержания сульфидизирующихся и несulfидизирующихся окисленных минералов свинца.

Руды месторождения Узынжал характеризуются мелкозернистой текстурой, с размерами выделений минералов от сотых до десятых долей миллиметра. Эти факторы значительно влияют на определение оптимальной технологии обогащения и выбор параметров технологического процесса.

При выполнении магистерской диссертации исследования были проведены на рудах сульфидного типа.

### 3.3 Подготовка пробы к технологическим исследованиям

На исследование поступила проба руды, характеризующая сульфидный тип полиметаллических руд месторождения Узынжал. Вес пробы составил 282 кг. Проба руды представлена половинками керна. Для получения представительных проб для исследований и качественного усреднения исходный материал был дроблен до размера 16 мм. Схема пробоподготовки руды представлена на рисунке 5.

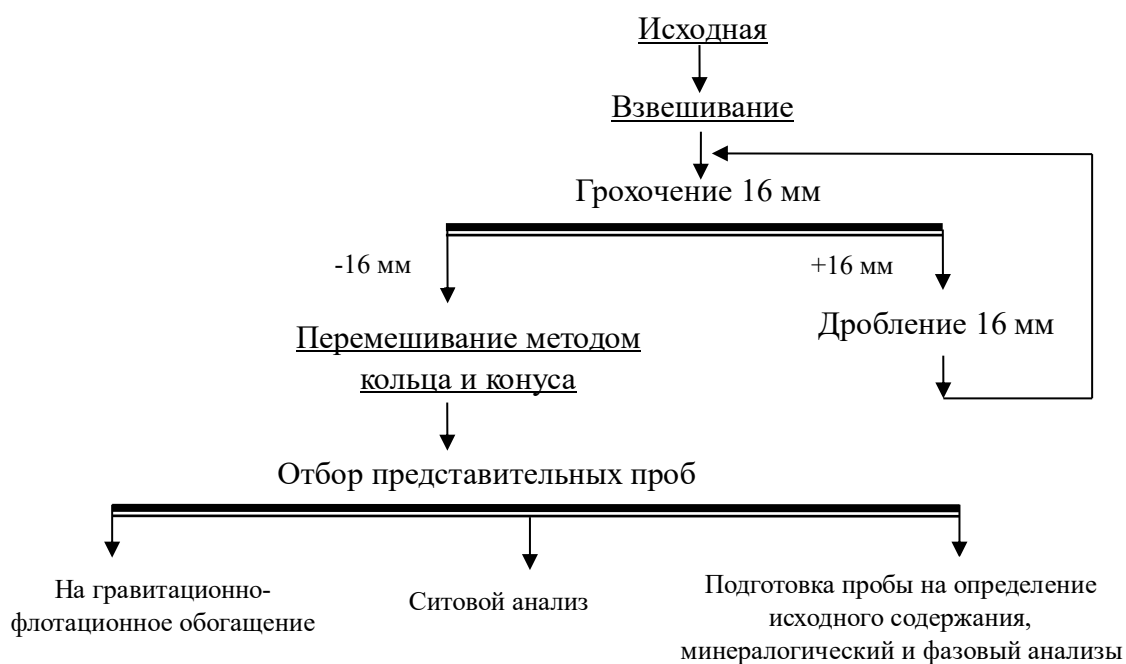


Рисунок 5 – Схема подготовки руды к исследованиям

В результате пробоподготовки были отобраны представительные пробы на гравитационно-флотационное обогащение, ситовой анализ и изучение химического, минералогического и фазового состава.



### 3.4 Изучение вещественного и гранулометрического состава

#### 3.4.1 Изучение вещественного и химического состава

Вещественный состав изучался рентгено-дифрактометрическим анализом на автоматизированном дифрактометре ДРОН-3 с  $Cu_{K\alpha}$  – излучением,  $\beta$ -фильтр. Далее приведены межплоскостные расстояния и фазовый состав образцов (табл.7), результаты полуколичественного рентгенофазового анализа (табл. 8), дифрактограмма пробы (рис. 6).

Таблица 7 – Межплоскостные расстояния и фазовый состав руды

$d, \text{Å}$	$I, \%$	Минерал	$d, \text{Å}$	$I, \%$	Минерал
10,00793	4,4	слюда	2,67004	5,0	-
4,99608	3,7	слюда	2,48699	4,4	-
4,33928	6,2	слюда	2,45541	4,4	-
4,25322	9,7	кварц	2,40383	4,8	-
3,89127	6,4	барит	2,28112	6,6	-
3,69841	4,4	доломит	2,19188	7,4	-
3,57249	8,2	барит	2,11738	6,9	-
3,43324	19,5	барит	2,09799	9,9	-
3,34252	31,2	кварц	2,01662	5,5	-
3,19905	4,5	ПШ	1,99620	3,0	-
3,12338	9,7	пирит	1,97816	3,0	-
3,10181	9,6	барит	1,91023	8,2	-
3,02950	68,1	кальцит	1,87232	5,5	-
2,96476	16,5	галенит	1,81671	5,1	-
2,88698	100,0	доломит	1,80400	6,8	-
2,83258	7,6	барит	1,78759	8,6	-
2,72664	6,0	барит	1,66917	3,3	-

Таблица 8 – Результаты полуколичественных рентгенофазовых анализов

Минерал	Формула	Концентрация, %
доломит	$CaMg(CO_3)_2$	39,6
кальцит	$Ca(CO_3)$	27,6
кварц	$SiO_2$	11,4
барит	$BaSO_4$	6,7
сфалерит	$ZnS$	5,2
галенит	$PbS$	3,3
пирит	$FeS_2$	3,0
слюда	$KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$	1,9
церуссит	$PbCO_3$	1,2

Рентгенофазовым анализом установлено, что основными рудными минералами в исследуемой пробе руды являются – галенит, церуссит, сфалерит

и пирит. Основными минералами пустой породы в руде являются – доломит, кальцит, барит, кварц и слюда.

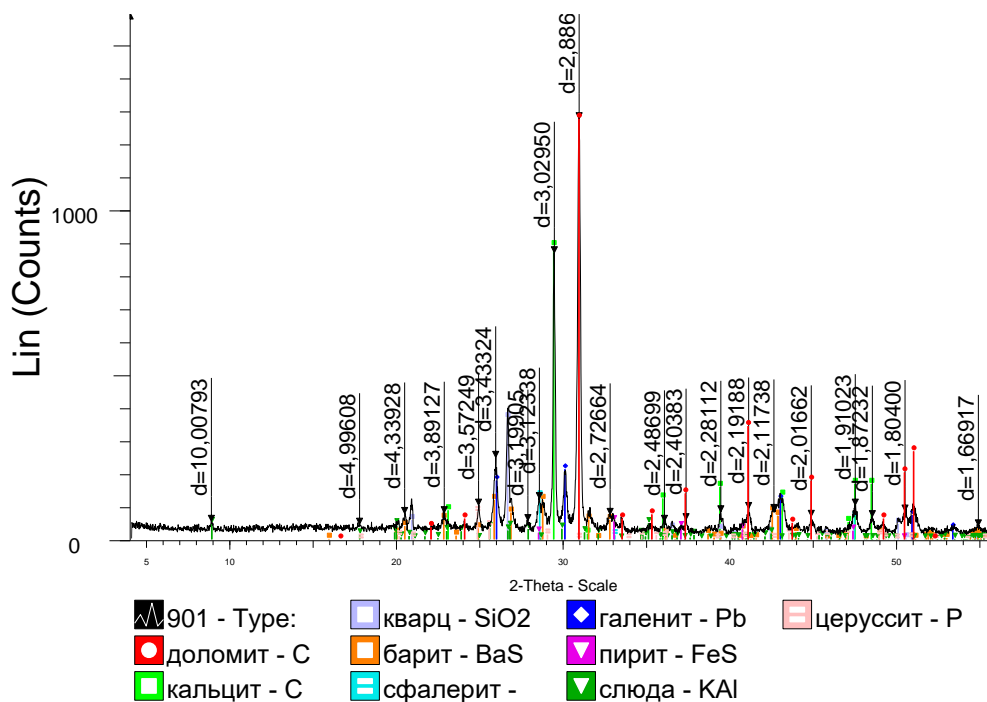


Рисунок 6 – Дифрактограмма пробы полиметаллической руды

Результаты атомно-эмиссионного полуколичественного спектрального анализа приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Результаты атомно-эмиссионного полуколичественного спектрального анализа

Элемент	Концентрация, %	Элемент	Концентрация, %
Au	<0,0002	Ni	0,003
Ag	0,0015	Mo	0,0005
Al	≤1,0	V	0,005
Si	>>1,0	Ga	0,001
Fe	>>1,0	Ge	<0,0002
K	≥1,0	Sr	0,5
Mg	>1,0	Bi	<0,0002
Na	0,1	Nb	<0,001
Mn	≥1,0	Cd	0,02
Ti	0,05	Te	<0,002
Ca	>1,0	Tl	0,001
Cu	0,01	Hg	<0,003
Zn	≤1,0	Y	0,002
Sn	0,0003	Yb	0,0001
Cr	0,002	Be	0,00025

Продолжение таблицы 9

Элемент	Концентрация, %	Элемент	Концентрация, %
Pb	>1,0	Ce	0,01
As	0,01	La	0,005
Sb	0,03	Co	0,005
Sc	0,0005	Zr	0,005
Li	<0,002	In	<0,0005
P	<0,07	Ta	<0,01
Pd	<0,0002	Re	<0,0003
Pt	<0,001	Os	<0,001

В таблице 10 приведены результаты химического анализа руды.

Таблица 10 – Результаты химического анализа руды

Массовая доля, %									
Pb	Zn	Ag, г/т	BaSO <sub>4</sub>	Fe	SiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	S
3,53	1,68	56,1	16,32	1,68	21,75	42,00	16,00	2,92	3,98

По результатам химического анализа, содержание ценных компонентов составило: свинца 3,53 %, серебра 56,1 г/т, цинка 1,68 %. Содержание барита составило 16,32 %, железа общего 1,68 % и серы 3,98 %. Содержание породных минералов составило: кварца 21,75 %, оксида алюминия 2,92 %, кальция 42,00 %, магния 16,00 %.

Результаты фазового анализа свинца и цинка приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Результаты фазового анализа свинца

Формы нахождения	Содержание % (абс.)	Содержание, % (отн.)	Формы нахождения	Содержание % (абс.)	Содержание, % (отн.)
Свинец			Цинк		
Сульфидный	3,26	92,35	Сульфидный	1,546	92,03
Окисленный	0	0,00	Окисленный	0,039	2,32
Ръязозит	0,27	7,65	Силикатный	0,095	5,65
Pb общий	3,53	100,0	Zn общий	1,68	100,0

Результаты фазового анализа показали:

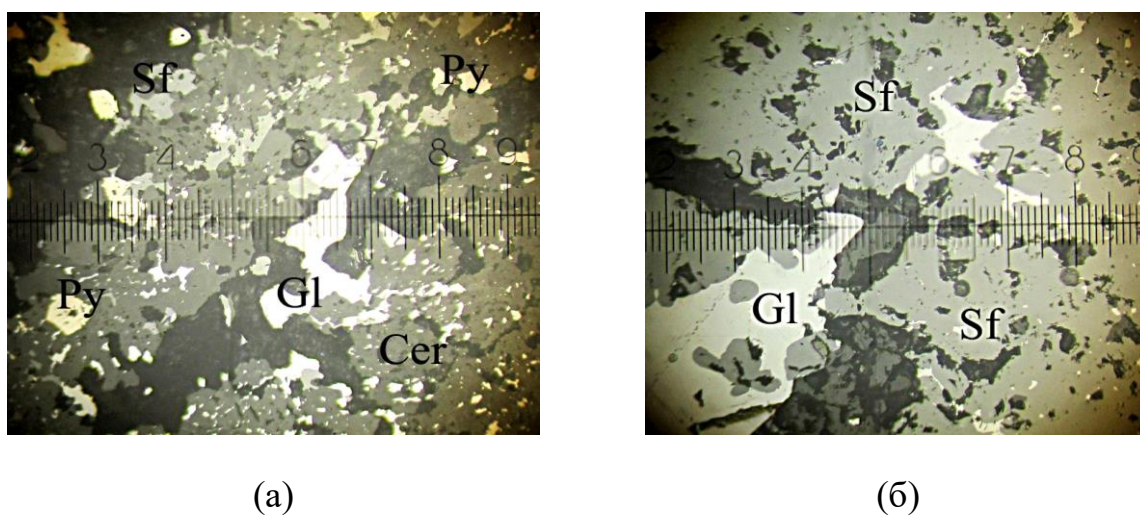
– по свинцу: количество свинца в сульфидной форме 92,35 %, свинца в виде плюмбозита - 7,65 %;

– по цинку: количество цинка в сульфидной форме 92,03 %, в окисленной форме 2,32 %, цинка в виде силикатов – 5,65 %.

### 3.4.2 Минералогический анализ руды

При изучении минералогического состава, выяснилось, что руда представлена сколками доломитизированного известняка, светло-серого цвета, составляющего около 60 %, карбонатно-кремнистой брекчиевидной породы, углистыми алевролитами серовато-черного цвета, яшмой красного цвета и сколками карбонатно-кварц–баритовой породы с густой вкрапленностью сульфидов

Галенит образует крупные включения неправильной формы с изрезанными краями, размером от 0,05 до 1,0 мм, а также наблюдается в виде реликтов в церуссите (рис. 7 а). В крупных агрегатах галенита встречается вкрапленность идиоморфных или частично ограненных кристаллов пирита, размером до 0,03 мм. Кроме этого галенит выполняет межзерновые пространства между кристаллами нерудных минералов, а также образует крупные включения размером до 1,0 мм, неправильной формы с неровными краями. В случае сфалерита, он образует как отдельные скопления ангедральных зерен, так и вкрапленность в галените, нередко полуовальной, каплевидной формы, а также ростки с галенитом (рис. 7 б) [16].



а) свинцово-цинковая руда, б) гнездово-вкрапленная барит-галенит-сфалеритовая руда, ув.160

Рисунок 7 – Минералогический анализ руды

### 3.4.3 Изучение гранулометрического состава

Результаты ситового анализа пробы полиметаллической руды с распределением металлов по классам крупности приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Результаты ситового анализа пробы полиметаллической руда дробленной до 16 мм

Наименование продуктов	Выход, %	Содержание, %				Извлечение, %			
		Pb	Zn	Ag, г/т	BaSO <sub>4</sub>	Pb	Zn	Ag	BaSO <sub>4</sub>
-16+8	60,76	3,61	1,79	58,30	15,72	59,15	57,75	56,37	55,17
-8+3	23,54	3,33	1,91	64,20	18,51	21,14	23,88	24,05	25,17
-3+1,5	4,65	3,84	2,12	68,40	19,52	4,81	5,24	5,06	5,24
-1,5+0,5	4,44	4,01	2,21	69,30	19,29	4,80	5,21	4,90	4,95
-0,5+0,074	4,21	5,39	2,42	89,00	20,94	6,12	5,41	5,96	5,09
-0,074+0,04	0,57	7,51	1,97	122,70	34,93	1,15	0,60	1,11	1,15
-0,04+0,0	1,83	5,74	1,97	87,50	30,51	2,83	1,91	2,55	3,23
Итого	100,00	3,71	1,88	62,84	17,31	100,00	100,00	100,00	100,00

По результатам ситового анализа, средневзвешенное содержание компонентов составило: свинца 3,71 %, цинка 1,88 %, серебра 62,84 г/т и барита 17,31 %.

Распределение содержания свинца по классам крупности имеет неравномерный характер и увеличивается от крупных классов –16+8 мм 3,61 % к мелким, включительно до –0,074+0,04 мм – 7,51 %.

Содержание цинка имеет неравномерный характер и увеличивается от крупных классов –16+8 мм 1,79 % к мелким, включительно до –0,074+0,04 мм – 1,97 %.

Содержание серебра по классам крупности имеет неравномерный характер и увеличивается от крупных классов –16+8 мм 58,30 г/т к мелким, включительно до –0,074+0,04 мм – 122,70 г/т.

Содержание барита также имеет неравномерный характер. Наименьшее содержание наблюдается в крупном классе крупностью -16+8 мм и равно 15,72 % и с уменьшением крупности до класса –0,074+0,04 мм увеличивается до 34,93 %.

Т.к. в дальнейшем планируется проведение исследований по предконцентрации отсадкой в качестве машинного класса следует принять класс крупностью –16+3 мм. при дроблении пробы полиметаллической руды до крупности 16 мм выход класса крупностью –16+3 мм составил 84,3 %.

#### 3.4.4 Выводы по разделу изучение вещественного и гранулометрического состава

Рентгенофазовым анализом установлено, что основными рудными минералами в исследуемой пробе руды являются – галенит, церуссит, сфалерит и пирит. Основными минералами пустой породы в руде являются – доломит, кальцит, барит, кварц и слюда;

Химическим анализом установлено, что в руде содержание свинца 3,53 % и цинка 1,68 %. Помимо свинца и цинка ценным компонентом является серебро, содержание которого составило 56,1 г/т;

По результатам фазового анализа свинца в сульфидной форме 92,35 %, цинка 92,03 %, руда относится к сульфидному типу. Обогащение сульфидных полиметаллических руд осуществляется методом селективной флотации;

Минералогическим анализом установлено, что густая вкрапленность сульфидов наблюдается в сколках карбонатно-кварц-баритовой породе. Наличие сульфидов и барита в отдельных сколках о их большей плотности чем основная масса вмещающих пород и должно благоприятно отразиться на гравитационной предконцентрации отсадкой. Также установлено, что сфалерит образует вкрапление и сростки с галенитом, что может усложнить схему флотацию процессом тонкого доизмельчения свинцового концентрата с целью селекцию свинца и цинка;

Ситовым анализом установлено, что при дроблении пробы руды до 16 мм выход машинного класса который будет направлен на исследования по предконцентрации составил 84,3 % [16].

### 3.5 Гравитационное обогащение руды

#### 3.5.1 Отсадка машинного класса -16+3 мм

После дробления исходной руды до крупности 16 мм было получено материала размером от -16 до +3 мм, объем которого составил 84,14 % от исходного объема руды. В этом материале содержится 3,47 % свинца, 1,87 % цинка, серебра 68,19 г/т и 14,28 % барита.

Схема отсадки машинного класса крупностью -16+3 мм приведена на рисунке 8, результаты отсадки приведены в таблице 13.

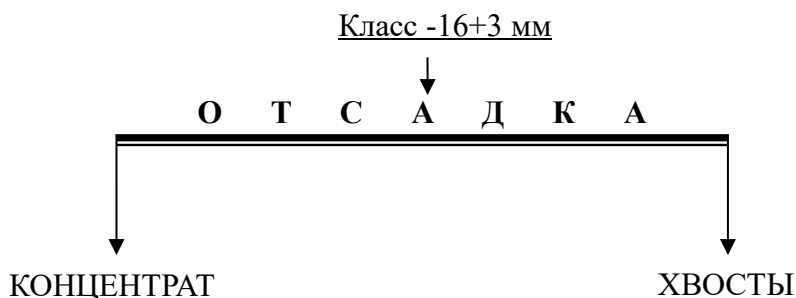


Рисунок 8 – Схема отсадки машинного класса -16+3 мм

Таблица 13 – Результаты по отсадке машинного класса –16+3 мм руды сульфидного типа

Наименование продукта	Выход от, %		Содержание, %				Извлечение от питания, %			
	питания	руды	Pb	Zn	Ag, г/т	BaSO <sub>4</sub>	Pb	Zn	Ag	BaSO <sub>4</sub>
Концентрат (предобогащённый продукт)	76,69	64,53	4,37	2,26	85,10	17,79	96,70	92,77	95,71	95,56
Хвосты	23,31	19,61	0,49	0,58	12,56	2,72	3,30	7,23	4,29	4,44
Машинный класс - 16+3 мм	100,0	84,14	3,47	1,87	68,19	14,28	100,0	100,0	100,0	100,0

При отсадке машинного класса крупностью –16+3 мм, выход концентрата (предобогащенного продукта) составил 76,69 % от операции (64,53 % от руды). Содержание свинца составило 4,37 %, цинка 2,26 %, серебра 85,10 г/т и барита 17,79 % при извлечении свинца 96,70 %, цинка 92,77 %, серебра 95,71 % и барита 95,56 % от операции.

Выход отвальных хвостов составил 23,31 % от операции, содержание свинца составило 0,49 %, цинка 0,58 %, серебра 12,56 г/т, барита 2,72 % при извлечении свинца 3,30 %, цинка 7,23 %, серебра 4,29 %, барита 4,44 % от операции.

Выход машинного класса –3+0 мм составил 14,57 % от руды при содержании свинца 4,70 %, цинка 2,31 %, серебра 79,10 г/т и барита 19,44 %.

Хвосты с отвальным содержанием свинца в выполненных экспериментах по отсадке машинного класса крупностью -3+0,0 мм на руде сульфидного типа не получают. В связи с этим, обогащение отсадкой машинного класса крупностью –3+0,0 мм выполняться не рекомендуется.

### 3.5.2 Рекомендуемая схема гравитационного предобогащения руды и баланс металлов

Рекомендуемая схема гравитационного предобогащения руды сульфидного типа показана на рисунке 9.

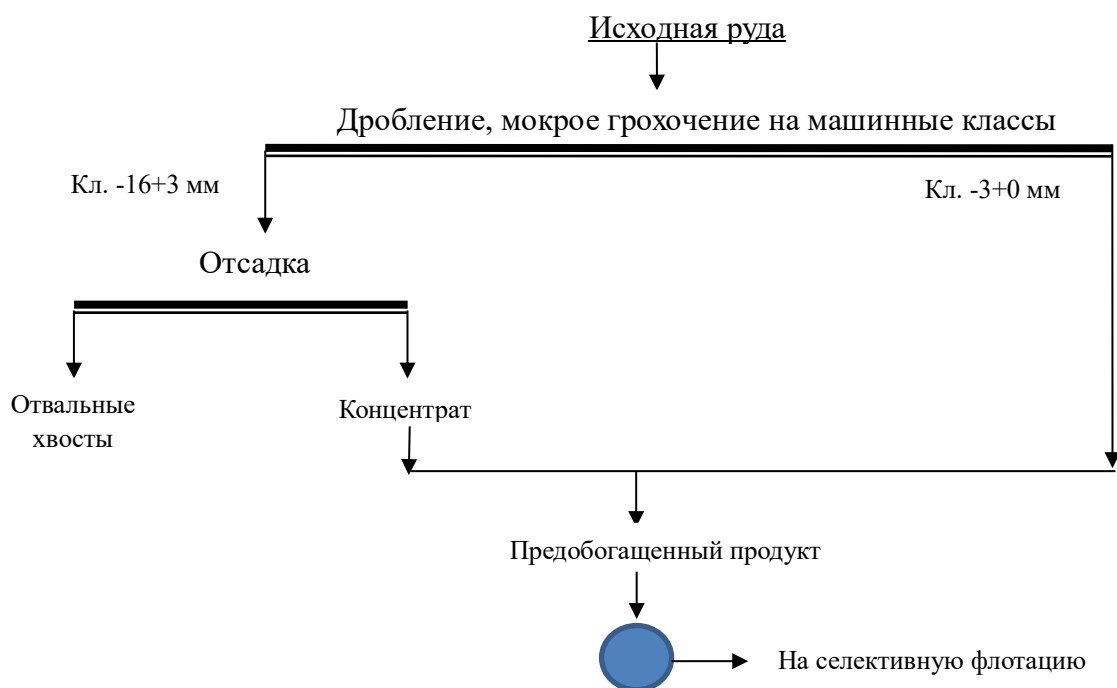


Рисунок 9 – Рекомендуемая схема гравитационного обогащения руды сульфидного типа

Баланс металла гравитационного предобогащения приведен в таблице 14.

Таблица 14 – Суммарный баланс металлов по гравитационному обогащению руды сульфидного типа

Наименование	Выход от руды, %	Содержание, %				Извлечение, %			
		Pb	Zn	Ag, г/т	BaSO <sub>4</sub>	Pb	Zn	Ag	BaSO <sub>4</sub>
Концентрат -16+3 мм	64,53	4,37	2,26	85,10	17,79	76,76	75,30	78,47	75,42
Класс -3+0,0 мм	14,57	4,70	2,31	79,10	19,44	18,64	17,38	16,47	18,61
Первичные шламы -0,074+0,0 мм	1,29	5,63	2,18	83,50	29,13	1,98	1,45	1,54	2,47
Итого (концентрат + класс 3-0мм + шламы 0,074-0 мм)	80,39	4,45	2,27	83,99	18,27	97,38	94,13	96,48	96,50
Хвосты отсадки класса -16+3 мм	19,61	0,49	0,58	12,56	2,72	2,62	5,87	3,52	3,50
Руда сульфидный тип	100,0	3,67	1,94	69,98	15,22	100,0	100,0	100,0	100,0

При гравитационном предобогащении руды сульфидного типа месторождения Узынжал, получают следующие продукты:



– предобогащенный продукт, включающий в себя концентрат отсадки - 16+3 мм, класс крупностью -3+0 мм и шламы -0,074+0 мм являющийся питанием флотационного обогащения, с общим выходом 80,39 % от руды, с содержанием свинца 4,45 %, цинка 2,27 %, серебра 83,99 г/т и барита 18,27 %, при извлечении свинца 97,38 %, цинка 94,13 %, серебра 96,48 % и барита 96,50 %;

– хвосты отсадки класса -16+3 мм выходом 19,61 % от руды, с содержанием свинца 0,49 %, цинка 0,58 %, серебра 12,56 г/т, барита 2,72 %, при извлечении свинца 2,62 %, цинка 5,87 %, серебра 3,52 % и барита 3,50 %;

Химический состав общего предобогащенного продукта: свинца 4,26 %, цинка 2,21 %, серебра 72,9 г/т, барита 18,51.

### 3.6 Обогащение руды флотацией

#### 3.6.1 Отработка режима флотации свинцового цикла в открытом цикле

Опыты по флотации выполнялись на предобогащенной шихте с содержанием свинца 4,26 %, цинка 2,21 %, серебра 72,9 г/т, барита 18,51 %.

График измельчаемости флотационной шихты приведен на рисунке 10. Измельчение выполнялось в лабораторной шаровой мельнице при соотношении Т:Ж:Ш как 1:0,66:9. Масса навески руды составляла 1000 грамм.

На рисунке 10 приведен график зависимости содержания класса минус 0,074 мм от времени измельчения.

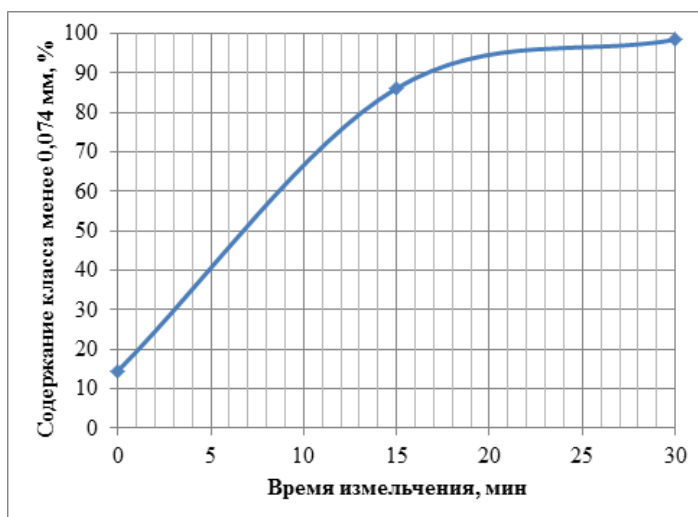


Рисунок 10 – Зависимость выхода класса менее 0,074 мм от времени измельчения

Отработка режима флотации свинцового цикла выполнена по схеме, показанной на рисунке 11.



Рисунок 11 – Схема открытых опытов свинцового цикла

Выполнено 9 опытов, при разной крупности измельчения, расхода бутилового ксантогената и депрессора цинка – цинкового купороса, цианида натрия и сернистого натрия подаваемых в комплексе при соотношении 1:3:10 (цианид натрия:сернистый натрий:цинковый купорос). Результаты сведены в таблицу 15.

Таблица 15 – Результаты отработки свинцового цикла на пробе сульфидного типа

Наименование	Выход, % от питания	Содержание, %		Извлечение свинца, %		Условия опыта
		свинца	цинка	свинца	цинка	
Опыт 1						
Pb продукт	12,51	29,43	11,13	86,22	60,25	Измельчение: 80 % -74 мкм, сода 600 г/т, Na <sub>2</sub> S-50 г/т, ZnSO <sub>4</sub> – 100 г/т; Основная флотация: Na <sub>2</sub> S – 75 г/т, NaCN – 25 г/т, ZnSO <sub>4</sub> – 250 г/т, БКК – 40 г/т, C-7-20 г/т; Контрольная флотация: Na <sub>2</sub> S – 100 г/т, NaCN – 30 г/т, ZnSO <sub>4</sub> – 300 г/т, БКК – 20 г/т, C-7-10 г/т.
Хвосты	87,49	0,67	1,05	13,78	39,75	
Шихта флотации	100,00	4,27	2,31	100,00	100,00	
Опыт 2						
Pb продукт	13,85	27,87	9,00	89,35	55,42	Измельчение: 90 % -74 мкм, сода 600 г/т, Na <sub>2</sub> S-50 г/т, ZnSO <sub>4</sub> – 100 г/т; Основная флотация: Na <sub>2</sub> S – 75 г/т, NaCN – 25 г/т, ZnSO <sub>4</sub> – 250 г/т, БКК – 40 г/т, C-7-20 г/т; Контрольная флотация: Na <sub>2</sub> S – 100 г/т, NaCN – 30 г/т, ZnSO <sub>4</sub> – 300 г/т, БКК – 20 г/т, C-7-10 г/т.
Хвосты	86,15	0,53	1,16	10,65	44,58	
Шихта флотации	100,00	4,32	2,25	100,00	100,00	

Продолжение таблицы 15

Наименование	Выход, % от питания	Содержание, %		Извлечение свинца, %		Условия опыта
		свинца	цинка	свинца	цинка	
Опыт 3						
Рв продукт	12,74	29,45	9,60	86,45	53,63	Измельчение: 80 % -74 мкм, сода 600 г/т, Na <sub>2</sub> S–50 г/т, ZnSO <sub>4</sub> – 100 г/т; Основная флотация: Na <sub>2</sub> S – 225 г/т, NaCN – 75 г/т, ZnSO <sub>4</sub> – 750 г/т, БКК – 40 г/т, С-7-20 г/т; Контрольная флотация: Na <sub>2</sub> S – 100 г/т, NaCN – 30 г/т, ZnSO <sub>4</sub> – 300 г/т, БКК – 20 г/т, С-7-10 г/т.
Хвосты	87,26	0,67	1,21	13,55	46,37	
Шихта флотации	100,00	4,34	2,28	100,00	100,00	
Опыт 4						
Рв продукт	13,62	28,09	7,85	88,98	48,35	Измельчение: 90 % -74 мкм, сода 600 г/т, Na <sub>2</sub> S–50 г/т, ZnSO <sub>4</sub> – 100 г/т; Основная флотация: Na <sub>2</sub> S – 225 г/т, NaCN – 75 г/т, ZnSO <sub>4</sub> – 750 г/т, БКК – 40 г/т, С-7-20 г/т; Контрольная флотация: Na <sub>2</sub> S – 100 г/т, NaCN – 30 г/т, ZnSO <sub>4</sub> – 300 г/т, БКК – 20 г/т, С-7-10 г/т.
Хвосты	86,38	0,55	1,32	11,02	51,65	
Шихта флотации	100,00	4,30	2,21	100,00	100,00	
Опыт 5						
Рв продукт	13,75	27,85	10,41	87,43	62,24	Измельчение: 80 % -74 мкм, сода 600 г/т, Na <sub>2</sub> S–50 г/т, ZnSO <sub>4</sub> – 100 г/т; Основная флотация: Na <sub>2</sub> S – 75 г/т, NaCN – 25 г/т, ZnSO <sub>4</sub> – 250 г/т, БКК – 80 г/т, С-7-20 г/т; Контрольная флотация: Na <sub>2</sub> S – 100 г/т, NaCN – 30 г/т, ZnSO <sub>4</sub> – 300 г/т, БКК – 20 г/т, С-7-10 г/т.
Хвосты	86,25	0,64	1,01	12,57	37,76	
Шихта флотации	100,00	4,38	2,30	100,00	100,00	
Опыт 6						
Рв продукт	14,82	27,07	8,51	93,50	57,36	Измельчение: 90 % -74 мкм, сода 600 г/т, Na <sub>2</sub> S–50 г/т, ZnSO <sub>4</sub> – 100 г/т; Основная флотация: Na <sub>2</sub> S – 75 г/т, NaCN – 25 г/т, ZnSO <sub>4</sub> – 250 г/т, БКК – 80 г/т, С-7-20 г/т; Контрольная флотация: Na <sub>2</sub> S – 100 г/т, NaCN – 30 г/т, ZnSO <sub>4</sub> – 300 г/т, БКК – 20 г/т, С-7-10 г/т.
Хвосты	85,18	0,33	1,10	6,50	42,64	
Шихта флотации	100,00	4,29	2,20	100,00	100,00	
Опыт 7						
Рв продукт	13,43	28,80	8,75	87,92	53,92	Измельчение: 80 % -74 мкм, сода 600 г/т, Na <sub>2</sub> S–50 г/т, ZnSO <sub>4</sub> – 100 г/т; Основная флотация: Na <sub>2</sub> S – 225 г/т, NaCN – 75 г/т, ZnSO <sub>4</sub> – 750 г/т, БКК – 80 г/т, С-7-20 г/т; Контрольная флотация: Na <sub>2</sub> S – 100 г/т, NaCN – 30 г/т, ZnSO <sub>4</sub> – 300 г/т, БКК – 20 г/т, С-7-10 г/т.
Хвосты	86,57	0,61	1,16	12,08	46,08	
Шихта флотации	100,00	4,40	2,18	100,00	100,00	
Опыт 8						
Рв продукт	14,68	27,47	7,54	93,12	49,40	Измельчение: 90 % -74 мкм, сода 600 г/т, Na <sub>2</sub> S–50 г/т, ZnSO <sub>4</sub> – 100 г/т; Основная флотация: Na <sub>2</sub> S – 225 г/т, NaCN – 75 г/т, ZnSO <sub>4</sub> – 750 г/т, БКК – 80 г/т, С-7-20 г/т; Контрольная флотация: Na <sub>2</sub> S – 100 г/т, NaCN – 30 г/т, ZnSO <sub>4</sub> – 300 г/т, БКК – 20 г/т, С-7-10 г/т.
Хвосты	85,32	0,35	1,33	6,88	50,60	
Шихта флотации	100,00	4,33	2,24	100,00	100,00	
Опыт 9						
Рв продукт	13,12	30,93	8,15	94,16	47,53	Измельчение: 85 % -74 мкм, сода 600 г/т, Na <sub>2</sub> S–50 г/т, ZnSO <sub>4</sub> – 100 г/т; Основная флотация: Na <sub>2</sub> S – 170 г/т, NaCN – 50 г/т, ZnSO <sub>4</sub> – 500 г/т, БКК – 60 г/т, С-7-20 г/т; Контрольная флотация: Na <sub>2</sub> S – 100 г/т, NaCN – 30 г/т, ZnSO <sub>4</sub> – 300 г/т, БКК – 20 г/т, С-7-10 г/т.
Хвосты	86,88	0,29	1,36	5,84	52,47	
Шихта флотации	100,00	4,31	2,25	100,00	100,00	

Наиболее высокое извлечение свинца и низкое извлечение цинка получено в 9 опыте, при следующих параметрах:

– измельчение: 85 % –74 мкм, соды 600 г/т pH=8,5, Na<sub>2</sub>S–50 г/т, ZnSO<sub>4</sub> – 100 г/т;

– основная флотация: Na<sub>2</sub>S–170 г/т, NaCN – 50 г/т, ZnSO<sub>4</sub> – 500 г/т, БКК – 60 г/т, С-7-20 г/т;

– контрольная флотация: Na<sub>2</sub>S–100 г/т, NaCN–30 г/т, ZnSO<sub>4</sub>–300 г/т, БКК–20 г/т, С-7–10 г/т. Данный реагентный режим был принят для свинцового цикла.

### 3.6.2 Исследование кинетики флотации свинцового цикла

На оптимальных расходах реагентов в свинцовом цикле флотации уточнялось время основной и контрольной флотации. Пенный продукт разгружали фракционно по времени. Опыты по уточнению времени флотации проводили по схеме, приведенной на рисунке 12.



Рисунок 12 – Схема проведения опыта по кинетике свинцового цикла флотации

Результаты опыта по фракционному съему пенного продукта приведены в таблице 16.

Таблица 16 – Результаты фракционного съема пены свинцового цикла флотации

Наименование	Выход от питания, %	Содержание, %		Извлечение, %	
		свинца	цинка	Свинца	Цинка
Основная свинцовая флотация					
1 фракция – 2 мин	5,75	56,75	6,15	70,81	15,93
2 фракция – 2 мин	1,99	18,95	11,86	12,29	10,63
3 фракция – 2 мин	1,72	8,50	11,55	3,34	8,95
4 фракция – 2 мин	1,54	5,80	5,72	2,04	3,97
5 фракция – 2 мин	1,37	5,10	4,20	1,60	2,59

*Продолжение таблицы 16*

Наименование	Выход от питания, %	Содержание, %		Извлечение, %	
		свинца	цинка	Свинца	Цинка
Итого осн. флот	13,52	29,50	7,13	91,06	43,42
Контрольная свинцовая флотация					
1 фракция – 2 мин	1,82	4,70	3,60	1,95	2,95
2 фракция – 2 мин	0,80	2,80	3,50	0,51	1,26
3 фракция – 2 мин	0,62	2,30	3,30	0,33	0,92
4 фракция – 2 мин	0,48	1,90	2,91	0,21	0,63
Итого конт. флот	3,72	3,53	3,44	3,00	5,76
Итого свин. флот	17,24	23,90	6,33	94,06	49,18
Хвосты	82,76	0,31	1,36	5,94	50,82
Итого	100,00	4,38	2,22	100,00	100,00

Анализ результатов фракционного съема пены свинцового цикла показывает, что в первые 2 минуты, возможно выделение свинцовой головки выходом 5,75 % от питания, с содержанием свинца 56,75 % и цинка 6,15 % при извлечении свинца 70,81 % и цинка 15,93 % от питания.

На основании результатов фракционного съема пены принимаем время вывода свинцовой головки – 2 минуты, время основной флотации 10 минут, время контрольной флотации – 8 минут, которые обеспечивают извлечение свинца в свинцовом цикле 94,06 % от питания.

### **3.6.3 Оработка режима флотации цинкового цикла в открытом цикле**

При отработке цинкового цикла выполнено 5 опытов, в которых изменялись расходы бутилового ксантогената и аэрофлота подаваемые в смеси 1:1 и для активации цинка медного купороса. Оработка режима флотации цинка проведена по схеме, показанной на рисунке 13.

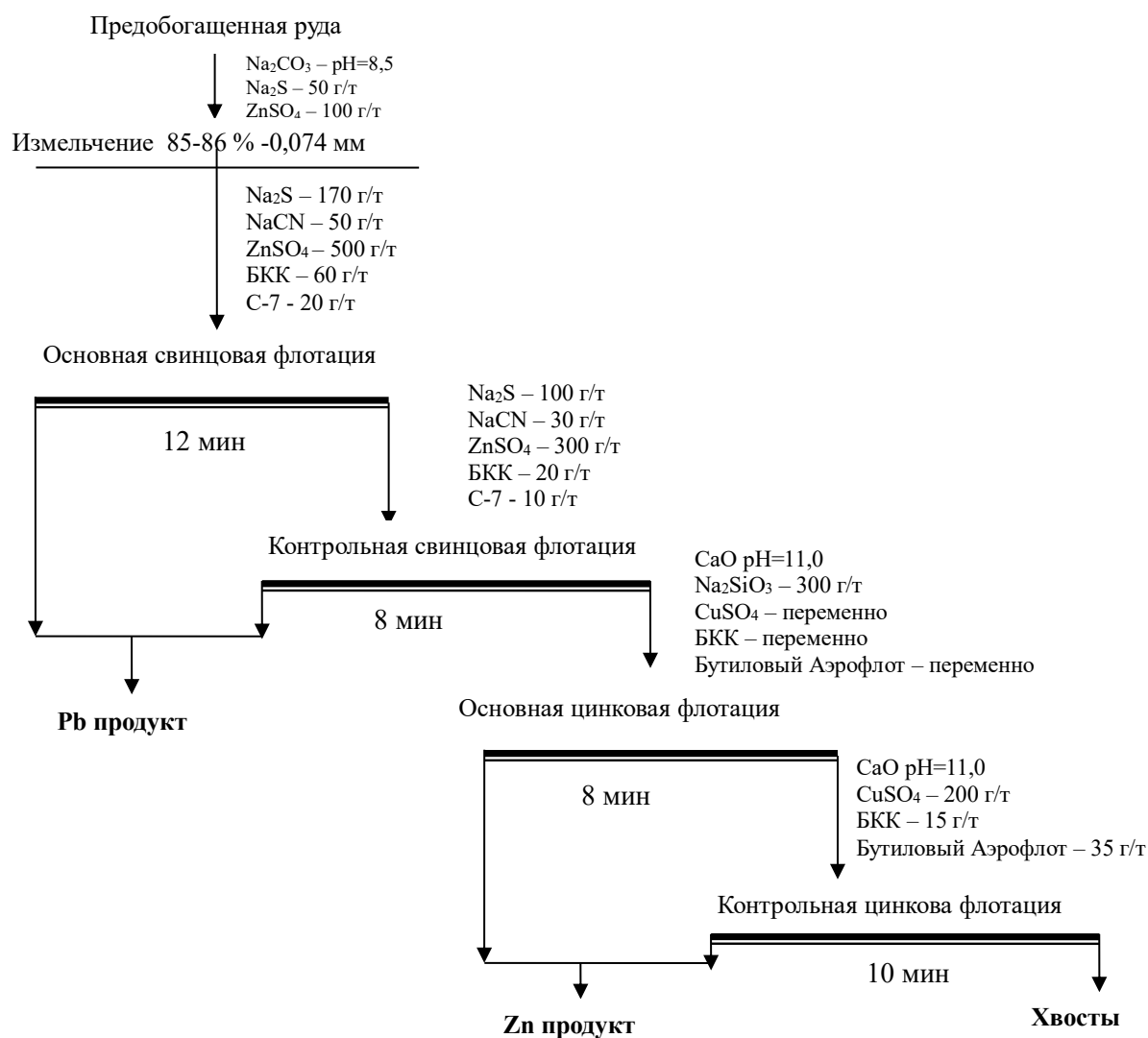


Рисунок 13 – Схема открытых опытов цинкового цикла

Результаты отработки цинкового цикла приведены в таблице 17.

Таблица 17 – Результаты отработки цинкового цикла на руде сульфидного типа

Наименование	Выход, % от питания	Содержание, %		Извлечение свинца, %		Условия опыта
		свинца	цинка	свинца	цинка	
Опыт 1						
Pb продукт	17,15	23,72	6,36	93,51	48,48	Основная Zn флотация: $\text{CaO}$ =pH=11,0, $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ – 300 г/т, $\text{CuSO}_4$ - 400 г/т, БКК – 40 г/т, Аэрофлот – 40 г/т; Контрольная Zn флотация: $\text{CaO}$ =pH=11,0, $\text{CuSO}_4$ - 200 г/т, БКК – 15 г/т, Аэрофлот – 35 г/т.
Zn продукт	9,55	0,86	9,22	1,89	39,13	
Хвосты	73,30	0,27	0,38	4,60	12,39	
Шихта флотации	100,00	4,35	2,25	100,00	100,00	

*Продолжение таблицы 17*

Наименование	Выход, % от питания	Содержание, %		Извлечение свинца, %		Условия опыта
<b>Опыт 2</b>						
Рb продукт	17,25	23,29	6,48	93,86	49,24	Основная Zn флотация: CaO=pH=11,0, Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> – 300 г/т, CuSO <sub>4</sub> - 400 г/т, БКК – 60 г/т, Аэрофлот – 60 г/т; Контрольная Zn флотация: CaO=pH=11,0, , CuSO <sub>4</sub> - 200 г/т, БКК – 15 г/т, Аэрофлот – 35 г/т.
Zn продукт	9,86	0,88	9,00	2,03	39,09	
Хвосты	72,89	0,24	0,36	4,11	11,67	
Шихта флотации	100,00	4,28	2,27	100,00	100,00	
<b>Опыт 3</b>						
Рb продукт	17,26	23,59	6,31	94,25	49,28	Основная Zn флотация: CaO=pH=11,0, Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> – 300 г/т, CuSO <sub>4</sub> - 600 г/т, БКК – 40 г/т, Аэрофлот – 40 г/т; Контрольная Zn флотация: CaO=pH=11,0, , CuSO <sub>4</sub> - 200 г/т, БКК – 15 г/т, Аэрофлот – 35 г/т.
Zn продукт	9,45	0,84	9,13	1,84	39,04	
Хвосты	73,29	0,23	0,35	3,91	11,68	
Шихта флотации	100,00	4,32	2,21	100,00	100,00	
<b>Опыт 4</b>						
Рb продукт	17,20	23,29	6,32	93,60	48,75	Основная Zn флотация: CaO=pH=11,0, Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> – 300 г/т, CuSO <sub>4</sub> - 600 г/т, БКК – 60 г/т, Аэрофлот – 60 г/т; Контрольная Zn флотация: CaO=pH=11,0, , CuSO <sub>4</sub> - 200 г/т, БКК – 15 г/т, Аэрофлот – 35 г/т.
Zn продукт	9,92	0,82	8,93	1,90	39,72	
Хвосты	72,88	0,26	0,35	4,50	11,53	
Шихта флотации	100,00	4,28	2,23	100,00	100,00	
<b>Опыт 5</b>						
Рb продукт	17,28	23,43	6,29	93,94	48,31	Основная Zn флотация: CaO=pH=11,0, Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> – 300 г/т, CuSO <sub>4</sub> - 500 г/т, БКК – 50 г/т, Аэрофлот – 50 г/т; Контрольная Zn флотация: CaO=pH=11,0, , CuSO <sub>4</sub> - 200 г/т, БКК – 15 г/т, Аэрофлот – 35 г/т.
Zn продукт	9,74	0,86	9,31	1,94	40,30	
Хвосты	72,98	0,24	0,35	4,12	11,39	
Шихта флотации	100,00	4,31	2,25	100,00	100,00	

Наиболее высокое извлечение цинка в цинковый продукт достигнуто в 5 опыте при следующих параметрах:

– основная Zn флотация 8 минут: CaO – pH=11,0, Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> – 300 г/т, CuSO<sub>4</sub> - 500 г/т, БКК – 50 г/т, Аэрофлот – 50 г/т;

– контрольная Zn флотация 10 минут: CaO – pH=11,0, CuSO<sub>4</sub> – 200 г/т, БКК – 15 г/т, Аэрофлот – 35 г/т.

*Данный реагентный режим и время основной и контрольной флотации были приняты для цинкового цикла.*

### **3.6.4 Исследования по снижению извлечения цинка в свинцовый продукт**

Результаты показали, что в свинцовый продукт извлекается 48–50 % цинка в виде сростков. С целью снижения извлечения цинка в свинцовый концентрат была проведена серия тестов с доизмельчением концентрата основной свинцовой флотации до крупности 100 % менее 0,045 мм, 0,03 мм и 0,02 мм. Схема опыта показана на рисунке 14.

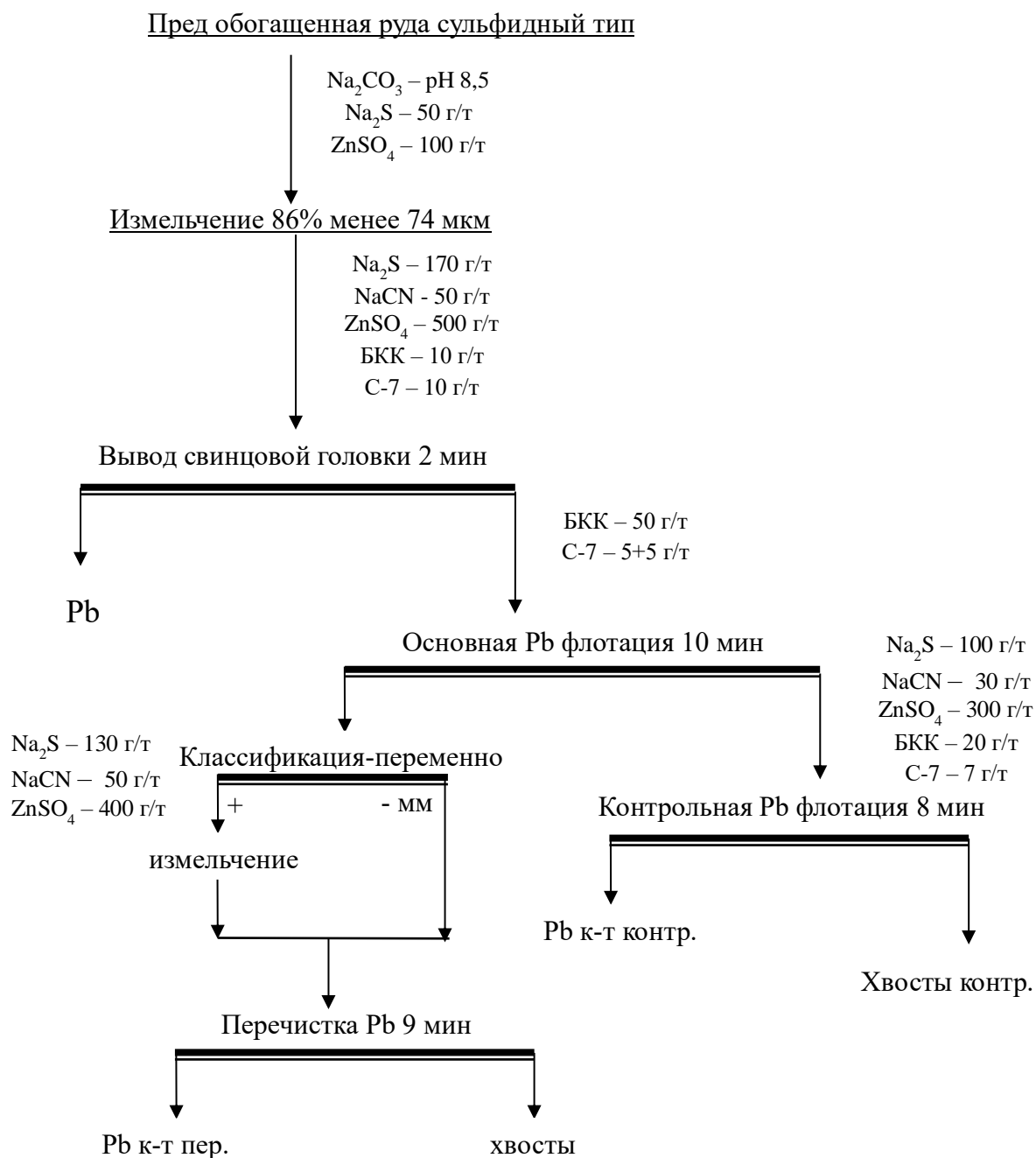


Рисунок 14 – Схема открытых опытов по снижению извлечения цинка в свинцовый продукт

Результаты тестов приведены в таблице 18.



Таблица 18 – Результаты тестов по снижению извлечения цинка в свинцовый продукт при разной степени доизмельчения концентрата основной флотации

Наименование	Выход от питания, %	Содержание, %		Извлечение от питания, %	
		свинца	цинка	свинца	Цинка
Крупность доизмельчения 100 % менее 0,045 мм					
К-т Рb головка	5,74	55,25	7,23	70,28	15,69
К-т Рb пер.	3,83	22,79	14,36	19,34	20,79
Общий концентрат	9,57	42,26	10,08	89,62	36,48
К-т Рb контрольной	3,56	3,20	1,55	2,52	2,09
Хвосты переч.	3,86	1,66	4,90	1,42	7,15
Хвосты контр.	83,01	0,35	1,73	6,44	54,29
Питание флотации	100,00	4,51	2,65	100,00	100,00
Крупность доизмельчения 100 % менее 0,03 мм					
К-т Рb головка	5,65	55,28	7,21	72,41	16,97
К-т Рb пер.	2,18	34,05	14,95	17,21	13,58
Общий концентрат	7,83	49,37	9,36	89,61	30,55
К-т Рb контрольной	2,81	2,06	4,13	1,34	4,84
Хвосты переч.	4,37	6,40	6,51	6,48	11,85
Хвосты контр.	84,99	0,13	1,49	2,56	52,76
Питание флотации	100,00	4,31	2,40	100,00	100,00
Крупность доизмельчения 100 % менее 0,02 мм					
К-т Рb головка	5,62	57,12	7,62	71,11	17,77
К-т Рb пер.	1,64	51,75	9,05	18,80	6,16
Общий концентрат	7,26	55,91	7,94	89,92	23,93
К-т Рb контрольной	3,33	1,68	3,85	1,24	5,32
Хвосты переч.	5,10	2,87	8,8	3,24	18,62
Хвосты контр.	84,31	0,3	1,49	5,60	52,13
Питание флотации	100,00	4,51	2,41	100,00	100,00

Анализ результатов тестов показывает:

- с уменьшением крупности доизмельчения концентрата основной флотации снижается выход общего свинцового концентрата с 9,57 % (100 % менее 0,045 мм) до 7,26 % (100 % менее 0,02 мм);
- извлечение свинца от питания флотации в общий концентрат остается во всех опытах на одном уровне и равен 89,61-89,92 % от питания;
- извлечение цинка в свинцовый концентрат снижается с уменьшением крупности доизмельчения концентрата основной флотации с 36,48 до 23,93 %;
- качество общего свинцового концентрата возрастает с уменьшением крупности доизмельчения концентрата основной флотации с 42,26 % (100 % менее 0,04 мм) до 55,91 % (100 % менее 0,02 мм).

### 3.6.5 Выполнение замкнутого опыта

Замкнутый опыт выполнен на навесках массой 1000 грамм (30 % твердого во флотации). Реагентный режим применяемый при флотации приведен в таблице 19, схема замкнутого опыта показана на рисунке 15.

Таблица 19 – Реагентный режим, замкнутый цикл

Операция	Время, мин	Расход реагентов г/т									
		Na <sub>2</sub> S 10%	ZnS O <sub>4</sub> 5%	NaC N 1%	БКК 1%	С7, 1%	Сода (10%)	CuSO <sub>4</sub>	Аэро	Na <sub>2</sub> SiO 3	CaO
Измельчение 86 % -0,074 мм	12	50	100	-	-	-	600, pH=8,5	-	-	-	-
Вывод свинцовой головки	2	170	500	50	10	10	-	-	-	-	-
Основная Pb флотация	10	-	-	-	50	10	-	-	-	-	-
Контрольная Pb флотация	8	100	300	20	20	7	-	-	-	-	-
Доизмельчен ие до 20-30 мкм	-	130	400	40	-	-	-	-	-	-	-
I перечистка Pb	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
II перечистка Pb	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Агитация	3	-	-	-	-	-	-	500	-	300	pH= 11
Основная Zn флотация	8	-	-	-	50	-	-	-	50	-	-
Контрольная Zn флотация	10	-	-	-	15	-	-	200	35	-	pH= 11
I перечистка Zn	4	-	-	-	-	-	-	-	-	200	pH= 11,5
II перечистка Zn	3	-	-	-	-	-	-	-	-	100	pH= 11,5
III перечистка Zn	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	pH= 11,5
IV перечистка Zn	1.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	pH= 11,5
Итого	-	450	1300	110	145	27	600	700	85	600	-

При флотации в виду наличия остаточной концентрации реагентов и повышенной пышности пены, снижены расходы следующих реагентов. В операции: вывод свинцовой головки расход собирателя снижен до 5 г/т и вспенивателя до 5 г/т.

В операции основной цинковой флотации полностью исключили подачу аэрофлота, в контрольной цинковой флотации расход аэрофлота снижен до 20 г/т.

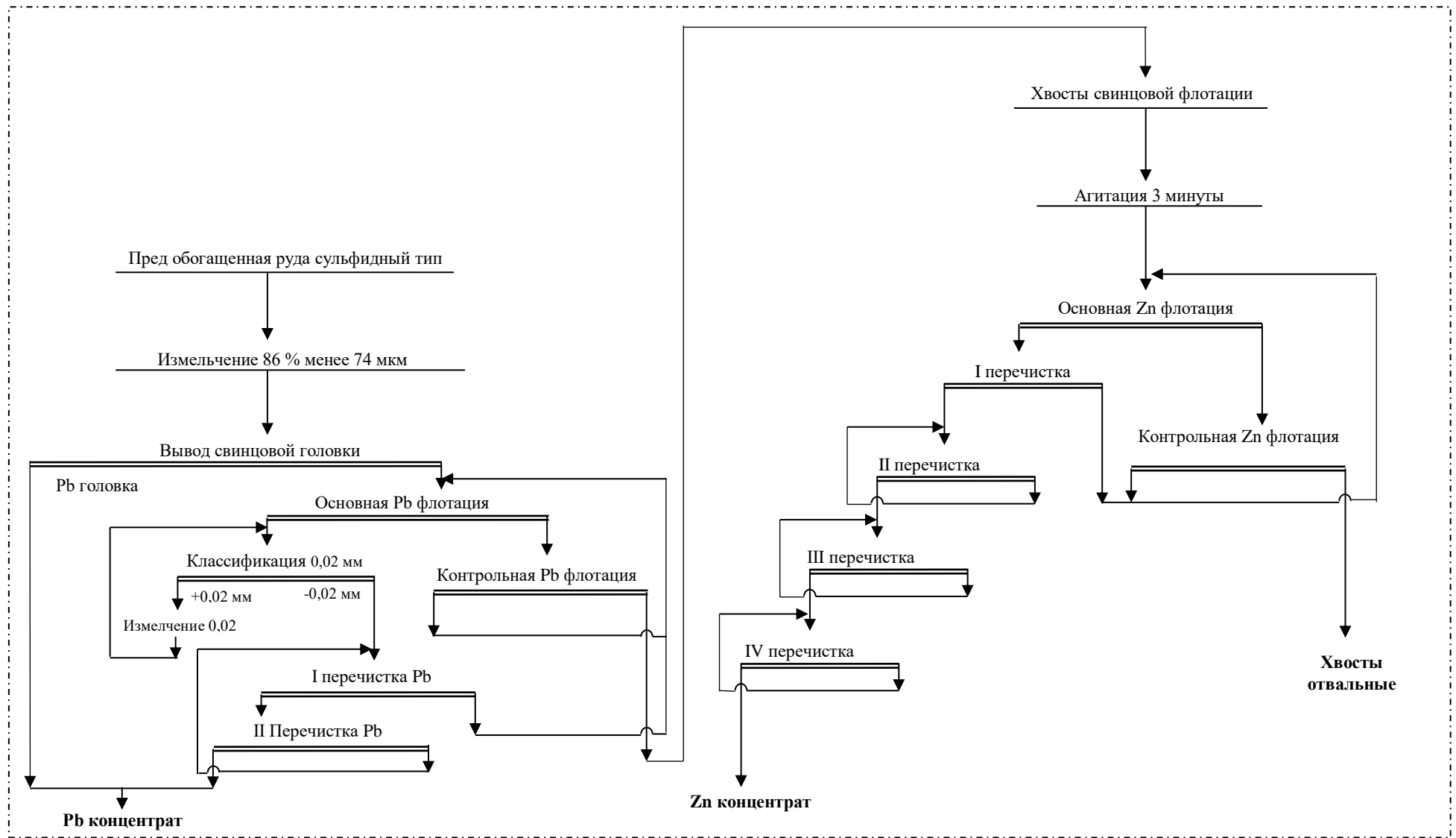


Рисунок 15 – Схема замкнутого опыта на предобогащенной руде сульфидного типа

В таблице 20 приведены результаты замкнутого опыта.

Таблица 20 – Результаты замкнутого опыта

Наименование продукта	Выход, %		Содержание, %				Извлечение от питания, %			
	питания	руды	Pb	Zn	Ag, г/т	BaSO <sub>4</sub>	Pb	Zn	Ag	BaSO <sub>4</sub>
К-т Рb головка	5,86	4,71	57,99	6,18	792,90	3,30	78,50	16,94	69,19	1,09
К-т Рb II перечистки	1,71	1,38	42,55	9,70	839,40	1,00	16,82	7,77	21,39	0,10
Общий концентрат Рb	7,57	6,09	54,49	6,98	803,44	2,78	95,32	24,71	90,58	1,19
Концентрат Zn	2,57	2,07	0,86	51,82	124,50	0,38	0,52	62,25	4,78	0,05
Хвосты отвальные	89,86	72,23	0,20	0,31	3,46	19,58	4,16	13,04	4,64	98,76
Питание	100,00	80,39	4,33	2,14	67,18	17,81	100,00	100,00	100,00	100,00

Выход общего свинцового концентрата от питания составил 7,57 % с содержанием свинца 54,49 %, цинка 6,98 %, серебра 803,44 г/т, барита 2,78 % при извлечении свинца 95,32 %, цинка 24,71 %, серебра 90,58 %, барита 1,19 % от питания.

Выход цинкового концентрата составил 2,57 % от питания с содержанием свинца 0,86 %, цинка 51,82 %, серебра 124,50 г/т, барита 0,38 % при извлечении свинца 0,52 %, цинка 62,25 %, серебра 4,78 %, барита 0,05 % от питания.

Выход общих хвостов составил 89,86 % с содержанием свинца 0,20 %, цинка 0,31 %, серебра 3,46 г/т, барита 19,58 % при извлечении свинца 4,16 %, цинка 13,04 %, серебра 4,64 %, барита 98,76 % от питания.

### 3.6.6 Гранулометрический состав конечных продуктов флотации

Определение гранулометрического состава концентрата и хвостов флотации выполнено комбинированным ситовым анализом, рисунок 16. Результаты ситовых анализов приведены в таблице 21.



Рисунок 16 – Схема комбинированного ситового анализа продуктов флотации

Таблица 21 – Результаты ситовых анализов конечных продуктов обогащения

Класс крупности, мм	Выход, %	Класс крупности, мм	Выход, %
Концентрат свинцовый		Концентрат цинковый	
-0,3+0,16	0,00	-0,3+0,16	0,25
-0,16+0,1	0,53	-0,16+0,1	1,48
-0,1+0,074	2,21	-0,1+0,074	4,52
-0,074+0,063	0,74	-0,074+0,063	1,12
-0,063+0,05	3,94	-0,063+0,05	4,50
-0,05+0,04	7,36	-0,05+0,04	8,56
-0,04+0,0	85,22	-0,04+0,0	79,57
Итого	100,00	Итого	100,00
Хвосты флотации			
-0,3+0,16		0,56	
-0,16+0,1		3,86	
-0,1+0,074		7,97	
-0,074+0,063		1,31	
-0,063+0,05		9,93	
-0,05+0,04		7,72	
-0,04+0,0		68,65	
Итого		100,00	

### 3.7 Рекомендуемая схема обогащения и баланс металлов

В таблице 22 приведен общий баланс металлов гравитационно-флотационной технологии.

Таблица 22 – Общий баланс металлов

Наименование	Выход от руды, %	Содержание, %				Извлечение, %			
		Pb	Zn	Ag, г/т	BaSO <sub>4</sub>	Pb	Zn	Ag	BaSO <sub>4</sub>
К-т Pb головка	4,71	57,99	6,18	792,90	3,30	76,32	15,85	66,14	1,05
К-т Pb пер.	1,38	42,55	9,70	839,40	1,00	16,43	7,29	20,51	0,09
Общий концентрат	6,09	54,49	6,98	803,44	2,78	92,75	23,14	86,65	1,14
К-т Zn	2,07	0,86	51,82	124,50	0,38	0,51	58,46	4,56	0,05
Хвосты отвальные	72,23	0,20	0,31	3,46	19,58	4,05	12,20	4,43	95,22
Отвальные хвосты -16+3 мм	19,61	0,49	0,58	12,56	2,72	2,69	6,20	4,36	3,59
Общие хвосты	91,84	0,26	0,37	5,40	15,98	6,74	18,40	8,79	98,81
Руда сульфидный тип	100,00	3,58	1,84	56,47	14,85	100,0	100,0	100,0	100,0

Выход общего свинцового концентрата составил 6,09 % с содержанием свинца 54,49 %, цинка 6,98 %, серебра 803,44 г/т, барита 2,78 % при извлечении свинца 92,75 %, цинка 23,14 %, серебра 86,65 %, барита 1,14 %.

Выход цинкового концентрата составил 2,07 % с содержанием свинца 0,86 %, цинка 51,82 %, серебра 124,50 г/т, барита 0,38 % при извлечении свинца 0,51 %, цинка 58,46 %, серебра 4,56 %, барита 0,05 % от питания.

Выход общих хвостов составил 91,84 % с содержанием свинца 0,26 %, цинка 0,37 %, серебра 5,40 г/т, барита 15,98 % при извлечении свинца 6,74 %, цинка 18,40 %, серебра 8,79 %, барита 98,81 %.

Рекомендуемая схема обогащения приведена на рисунке 17.

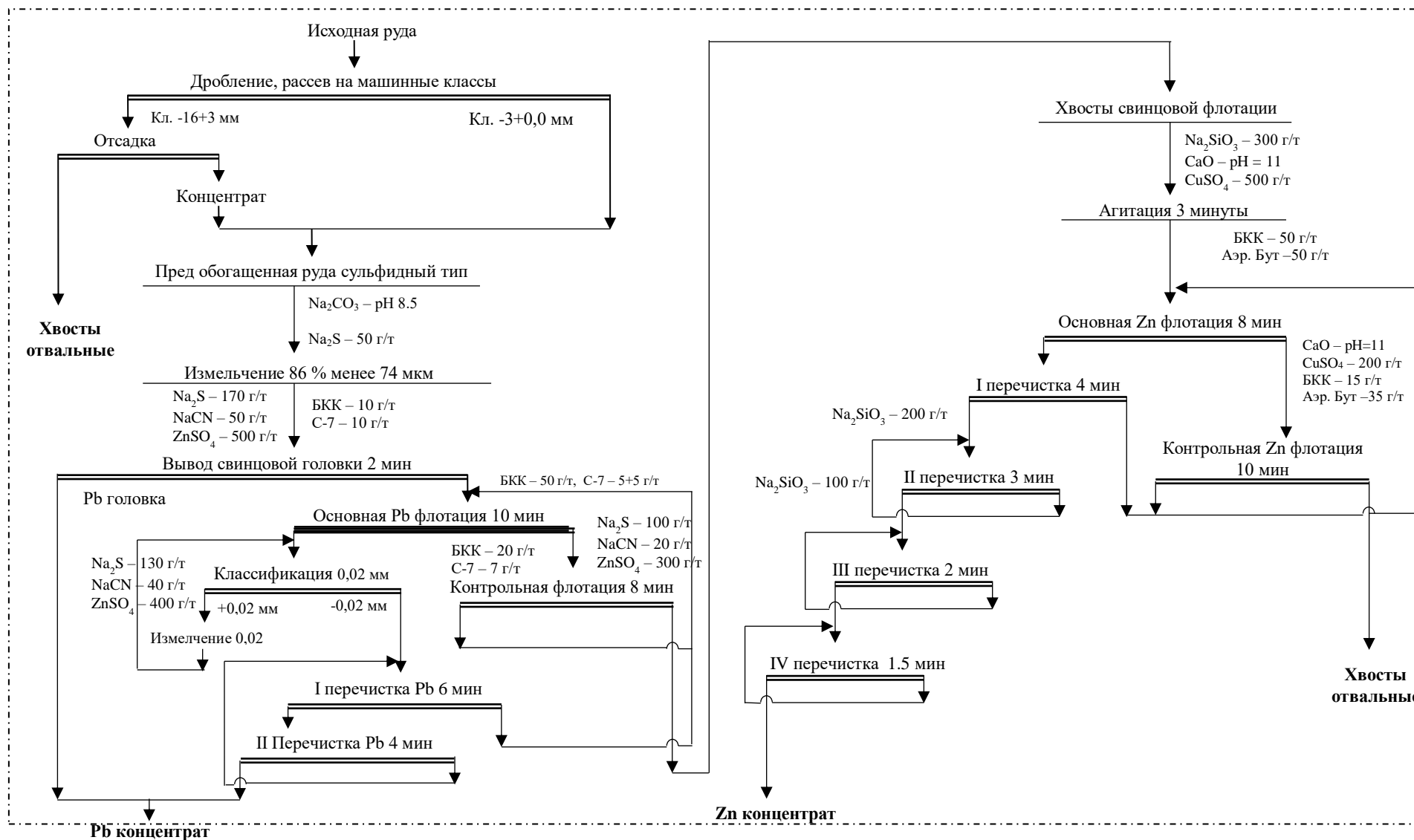


Рисунок 17 – Рекомендуемая схема обогащения руды сульфидного типа

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1 Исследован химический состав сульфидной свинцово-цинковой руды месторождения «Узынжал». Выявлено, что основные полезные компоненты включают минералы свинца, серебра и цинка. Содержание в пробе составило: свинец – 3,53–3,78%, серебро – 56,1–60,11 г/т, цинк – 1,68–1,74%, барит – 16,32–14,34%. Фазовый анализ показал, что свинцовые минералы представлены сульфидами на 92,35%, а цинковые минералы – сульфидами на 92,03%.

2 Гранулометрический анализ выявил, что распределение элементов соответствует выходам классов. Выход фракции минус 0,074+0 мм составляет 2,4%. В этой фракции содержание свинца составляет 6,15%, цинка – 1,97%, серебра – 95,86 г/т и барита – 31,56% при распределении свинца – 3,98%, цинка – 2,51%, серебра – 3,66% и барита – 4,38%.

3 Исследования проводились по гравитационно-флотационной схеме. Были отработаны режимы как гравитационного предобогащения, так и режимы измельчения и флотации свинцового и цинкового циклов в открытых цикле.

4 Проведены замкнутые испытания по флотационному обогащению на предобогащенной руде. Выход общего свинцового концентрата от питания составил 7,57% с содержанием свинца 54,49%, цинка 6,98%, серебра 803,44 г/т, барита 2,78%. Извлечение свинца составило 95,32%, цинка – 24,71%, серебра – 90,58%, барита – 1,19% от питания. Выход цинкового концентрата составил 2,57% от питания с содержанием свинца 0,86%, цинка 51,82%, серебра 124,50 г/т, барита 0,38%. Извлечение свинца составило 0,52%, цинка – 62,25%, серебра – 4,78%, барита – 0,05% от питания.

5 На основе выполненных исследований можно сделать вывод, что для переработки сульфидной руды месторождения «Узынжал» рекомендуется гравитационно-флотационная схема. По данной схеме получены концентраты:

- свинцовый концентрат, соответствующий марке КС-4, с содержанием свинца 54,49% и цинка 6,98%;
- цинковый концентрат, соответствующий марке КЦ-0, с содержанием цинка 58,46% и железа 4,0%.

**Оценка полноты выполнения поставленных задач.** В ходе работы были выполнены все поставленные задачи. Проведены гранулометрический, химический, минералогический и фазовый анализы полиметаллической руды; отработаны режимы гравитационного предобогащения, измельчения и флотации свинцового и цинкового циклов. Также проведены эксперименты по флотационному обогащению на предобогащенной руде в замкнутом цикле. На основе полученных данных разработана оптимальная технологическая схема переработки сульфидной руды месторождения «Узынжал».

**Разработка рекомендаций и исходных данных по конкретному использованию полученных результатов.** Разработанная технология



обогащения сульфидных свинцово-цинковых руд стала основой для создания технологического регламента месторождения «Узынжал».

**Оценка технико-экономической эффективности внедрения:** Проведенное исследование демонстрирует высокий потенциал технологии гравитационного предобогащения руды сульфидного типа из месторождения Узынжал. Полученные результаты подтверждают эффективность этого процесса, который позволяет концентрировать с высокой эффективностью ценные металлы в предобогащенном продукте.

Оптимизация процесса доизмельчения концентрата также является ключевым фактором для улучшения эффективности обогащения свинцовой руды и повышения качества конечного продукта. Разработанная комбинированная гравитационно-флотационная схема обогащения представляет собой результат комплексного научно-технического подхода и позволяет достичь оптимальных результатов по извлечению ценных металлов из руды.

С учетом оценок эффективности и потенциала внедрения данной технологии, можно сделать вывод о ее высокой технико-экономической перспективе. Внедрение разработанных методов и технологических схем в производственные процессы месторождения "Узынжал" позволит повысить эффективность обогащения руды, улучшить качество конечных продуктов и оптимизировать использование ресурсов, что существенно сократит затраты и увеличит прибыльность производства.

**Оценка научно-технического уровня выполненной работы.** Научно-технический уровень выполненной исследовательской работы сопоставим с передовыми достижениями в области обогащения полиметаллических руд. Разработанная схема обогащения обладает уникальной особенностью – возможностью эффективной переработки разнообразных полиметаллических руд. Это открывает новые перспективы для промышленности и позволяет оптимизировать процесс извлечения ценных металлов из различных типов сырья.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Плотникова, А. А. и др. Минералого-технологические особенности сфалерита в свинцово-цинковых рудах Горевского месторождения. – 2019.
- 2 Муханова, А. А. и др. Применение модифицированных собирателя при флотации свинцово-цинковых руд месторождения Шалкия // Комплексное использование минерального сырья. – 2015. – № 3. – С. 9-16.
- 3 Муканова, А. К. Особенности обогащения полиметаллических руд // IX международная научно-практическая конференция "Современные тенденции и инновации в науке и производстве". – 2020.
- 4 Абылайханова, Т. А. Современное состояние минерально-сырьевой базы свинцово-цинковой отрасли Казахстана // Вестник Казахской академии транспорта и коммуникации им. М. Тынышпаева. – 2009. – № 2. – С. 253-258
- 5 Пахомова, Г. А. Эффективные решения в технологии обогащения труднообогатимых свинцово-цинковых руд: Материалы XXII международной научно-технической конференции. – Екатеринбург: Форт Диалог-Исеть, 2021. – 399 с.
- 6 Прокопьев, И. В. Разработка флотационной схемы обогащения свинцово-цинковой руды с использованием микробиологического воздействия. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2019.
- 7 Абрамов, А. А. Переработка, обогащение и комплексное использование твердых полезных ископаемых. – Москва: Издательство Московского государственного горного университета, 2004.
- 8 Ниязов, А. А. и др. О возможности использования модификатора ПНМС при флотации свинцово-цинковых руд // Международная научно-практическая конференция "Современные тенденции в области теории и практики добычи и переработки минерального и техногенного сырья". – 2019. – С. 321-325.
- 9 Авдохин В. М. Основы обогащения полезных ископаемых. Обогачительные процессы. Том 1. – Москва: Издательство Московского государственного горного университета, 2006. – 417 с.
- 10 Лопатин А. Г., Шохин В. Н. Гравитационные методы обогащения. – Москва: Недра, 1993. – 350 с.
- 11 Берг Р. О., Миллз К. Технология гравитационного обогащения. – Москва: Недра, 1990. – 574 с.
- 12 Годэн, А. М. Флотация. – Москва: Государственное научно-техническое издательство по горному делу, 1959 г.
- 13 Богданов, О. С. и др. Теория и технология флотации руд. – Москва: "Недра", 1990.
- 14 Польшкин, С. И., Адамов, Э. В. Обогащение руд цветных и редких металлов. – Москва: "Недра", 1975.
- 15 Польшкин, С. И., Адамов, Э. В. Обогащение руд цветных металлов. – Москва: "Недра", 1983.

16 Телков, Ш. А., Жарылгапова, А. Т., Мотовилов, И. Ю. Изучение вещественного и гранулометрического состава свинцово-цинковой руды // Материалы Международной научно-практической конференции «INTERNATIONAL SATBAYEV CONFERENCE 2023 (Сатпаевские чтения - 2023). Наука и технологии: от идеи до внедрения». – Алматы: КазННТУ, 2023. – Том 1. – 291 с.

17 Прокопьев, И. В. Разработка флотационной схемы обогащения свинцово-цинковой руды с использованием микробиологического воздействия: Дис. на соискание канд. техн. наук. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2019. – 150 с.

18 Бадалова, Дж. Н., Самихов, Ш. Р. Материалы IV Международной конференции "Вопросы физической и коллоидной химии", посвященной памяти докторов химических наук, профессоров Хамида Мухсиновича Якубова и Зухуриддина Нуриддиновича Юсуфова. – Таджикский Национальный университет, 2019. – 374 с.

19 Материалы с сайта: Свинец и цинк [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.ukb4sa4.ru/svinec.html> (дата обращения: ).

20 Материалы с сайта: Мировое производство свинца и цинка в 2023-2024 гг. Будет превышать потребление – ILZSG [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.finmarket.ru/database/news/6052674> (дата обращения: ).

21 Игнатьева, Е. В., Прокопьев, И. В. К проблеме селекции свинцово-цинковых руд // Сборник материалов Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых "Перспектив-2016" посвященной году образования в Содружестве Независимых Государств. – 2016. – С. 34-36.

**ПРИЛОЖЕНИЕ А**  
**Оттиски опубликованных статей**

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ**  
**Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті**

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**  
**Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева**

**MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**  
**Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev**

**«INTERNATIONAL SATBAYEV CONFERENCE 2023**  
**(Сәтбаев Оқулары-2023).**

**ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛАР: ИДЕЯДАН**  
**ӨНДІРІСКЕ ЕНДІРУГЕ ДЕЙІН**

**халықаралық ғылыми – практикалық конференцияның**

**ЕҢБЕКТЕРІ**

**12 сәуір 2023 ж.**

**I Том**

**ТРУДЫ**

**Международной научно-практической конференции**

**«INTERNATIONAL SATBAYEV CONFERENCE 2023**

**(Сатпаевские Чтения – 2023).**

**НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ: ОТ ИДЕИ ДО ВНЕДРЕНИЯ**

**12 апреля 2023 г.**

**Том I**

**PROCEEDING**

**International scientific and practical conference**

**«INTERNATIONAL SATBAYEV CONFERENCE 2023**

**(Satbayev Conference - 2023).**

**SCIENCE AND TECHNOLOGY: FROM IDEA TO IMPLEMENTATION**

**12 april 2023**

**Volume I**

**Алматы 2023**

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Жанакулова К.А., Касымканова Х.М.</i> ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ БАТИМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЁМКИ ПРИ ДНОУГЛУБИТЕЛЬНЫХ РАБОТАХ НА ВОДОТОКАХ.....	5
<i>Адилов Ж.Г., Айтказинова Ш.К.</i> ОБЗОР РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОВЕДЕНИЯ ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА НЕДР НА ТЕРРИТОРИИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КЕНКИЯК.....	14
<i>Карымсакулы С., Сандибеков М.Н.</i> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЫЕМОЧНО-ПОГРУЗОЧНЫХ РАБОТ НА КАЧАРСКОМ КАРЬЕРЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПОГРУЗЧИКОВ.....	20
<i>Ажаипова Б.Ш., Калкозова Ж.К.</i> ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОПОРОШКОВ ОКСИДА ЦИНКА.....	27
<i>Телков Ш.А., Жарылгапова А.Т., Мотовилов И.Ю.</i> ИЗУЧЕНИЕ ВЕЩЕСТВЕННОГО И ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА СВИНЦОВО-ЦИНКОВОЙ РУДЫ.....	33
<i>Мадимарова Г.С., Нурпеисова Т.Б., Сүлейменова Д.Н., Нурланқызы Т.</i> ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ДЕФОРМАЦИЯМИ ВЫСОТНЫХ СООРУЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ НАЗЕМНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ.....	40
<i>Саржанов Е.Б., Орынбет М.М.</i> СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ: МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ ПЕЧИ...	50
<i>Анварқызы Д., А.Э. Мирзаева, А. Кенесбаева</i> ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ.....	60
<i>Имансакипова Б.Б., Васильев И.В., Айтказинова Ш.К., Калипанов М.М.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ МЕСТНОСТИ ДЛЯ ОРИЕНТАЦИИ АНТЕННОЙ СИСТЕМЫ РАДИОЛОКАТОРА .....	65
<i>Айтказинова Ш.К., Имансакипова Б.Б., Сакабеков А., Васильев И.В.</i> ЛОКАЛИЗАЦИЯ ОЧАГА РАЗРУШЕНИЯ В ГОРНОМ МАССИВЕ ПО ПЕЛЕНГУ НА ИСТОЧНИК СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ, ИНИЦИИРУЕМОЙ ПРОЦЕССОМ.....	73
<i>Айтказинова Ш.К., Сдвижкова О.О., Имансакипова Б.Б., Бекетқызы М.</i> НОВЫЙ ПОДХОД К ПРОГНОЗУ ПРОВАЛООПАСНОСТИ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ОСНОВЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ ЛОКАЛИЗАЦИИ СОБЫТИЯ.....	80
<i>Маратов Т.А.</i> ЭФФЕКТИВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ В ЖИТИКАРИНСКОМ КАРЬЕРЕ.....	86
<i>Тайрова Ж.К., Нурпеисова Т.Б.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ И ГИС ПРИ ИССЛЕДОВАНИЯХ ПО ЗЕМЕЛЬНЫМ ТОРГАМ.....	91
<i>Нурумғалиев А.Х., Пушанова А.Т.</i> HSC CHEMISTRY - ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ РАСЧЕТА ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ И ФАЗОВЫХ РАВНОВЕСИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ОБШИРНОЙ ТЕРМОХИМИЧЕСКОЙ БАЗЫ ДАННЫХ.....	98
<i>Дияров А.А., Бектур Б.К.</i> ОПТИМИЗАЦИЯ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРИНЯТОЙ СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ПРИКОНТУРНОГО МАССИВА В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ОЧИСТНЫХ РАБОТ В УСЛОВИЯХ «ШДНК».....	106
<i>Заурбекова Н.Д., Мустафина К.К., Байкутова А.</i> ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ЧАСТИЦЫ И ИХ СВОЙСТВА.....	114
<i>Мухамедова Р.Ф., Бойко Г.И., Любченко Н.П.</i> СИНТЕЗ И ПРИМЕНЕНИЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ГУМИНОВОЙ КИСЛОТОЙ СОПОЛИМЕРОВ МАЛЕИНОВОГО АНГИДРИДА.....	119

<https://doi.org/10.51301/ISC.2023.v1.05>

Ш.А. Телков, А.Т. Жарылгапова, И.Ю. Мотовилов\*

Satbayev University, Алматы, Казахстан

\*e-mail: [i.motovilov@satbayev.university](mailto:i.motovilov@satbayev.university)

## ИЗУЧЕНИЕ ВЕЩЕСТВЕННОГО И ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА СВИНЦОВО-ЦИНКОВОЙ РУДЫ

**Аннотация.** Исследования полезных ископаемых на обогатимость выполняются с целью технологической оценки и утверждения запасов разведанных месторождений, разработки технологии обогащения полезных ископаемых и получения необходимых исходных данных для проектирования обогатительных фабрик, усовершенствования технологии обогащения на действующих обогатительных фабриках, разработки и испытания новых обогатительных процессов, технологических режимов и схем, флотационных реагентов.

Лабораторные исследования выполняются на лабораторном оборудовании с постановкой отдельных опытов по каждой операции замкнутой технологической схемы. Они предназначены для выяснения возможностей обогащения руды, поисков принципиальной технологической схемы, предварительного определения технологических режимов и показателей переработки руд.

Получение первоначальной информации об объекте, при исследовании полезных ископаемых на обогатимость, осуществляется при изучении вещественного и гранулометрического состава. Полученная информация позволяет сузить область поиска наиболее рациональной технологической схемы обогащения.

В работе представлены результаты изучения вещественного и гранулометрического состава свинцово-цинковой руды одного из месторождения Республики Казахстан с целью выбора дальнейшего направления по разработке рациональной технологии обогащения.

**Ключевые слова:** вещественный состав, гранулометрический состав, свинец, цинк, серебро.

### Введение

Свинец и цинк являются незаменимыми элементами нашей повседневной жизни. Тот же самый аккумулятор без которого машина не сможет даже завестись, те же самые резины в машиностроении, витамины и препараты поддерживающие здоровье и т.д [1]. Свинец и цинк встречаются комплексно, месторождение которых называют полиметаллическим. В них свинец и цинк встречаются в виде сульфидных минералов. Кроме этого они могут содержать такие ценные компоненты как, серебро и золото, которые повышают ценность руды.

За последние годы в технологию обогащения полиметаллических руд были внедрены разного рода способы и схемы, которые способствуют улучшению как показателей обогащения, так и комплексности использования сырья. Из за неординарности месторождений, и разности вещественного состава нет единой схемы и способа переработки рудданного типа. На данный момент свинцово-цинковые руды представляются тонкой вкрапленностью ценных компонентов что больше озадачивают специалистов. Найти подходящую технологическую схему и режим переработки при котором, можно максимально извлечь свинец и цинк, а также сопутствующие металлы не так легко как кажется. При тонкой вкрапленности большинства свинцово-цинковых руд, также одноименные концентраты для снижения в них содержание других металлов подвергаются операциям доизмельчения коллективного концентрата. Но для создания рациональных технологий флотации и доизмельчения значительная роль отводится теоретическим исследованиям по изучению вещественного состава руд и продуктов обогащения [2-3].

Авторами работы были выполнены исследования по изучению вещественного и гранулометрического состава свинцово-цинковой руды, с целью выбора дальнейшего направления по разработке рациональной технологии ее обогащения.

**Материалы и методы.** Объектом исследования являлась полиметаллическая руда одного из месторождения Республики Казахстан.

*Научно-инновационная концепция развития ГМК Казахстана*

33

Для изучения вещественного и гранулометрического состава применялись следующие методы и анализы: химические, фазовые (химические), рентгенофазовые, минералогические и ситовые.

Отбор проб для выполнения вышеперечисленных анализов выполнен с использованием стандартных методик рекомендуемых при исследовании полезных ископаемых на обогатимость, смысл которых заключается во взаимосвязи крупности и массы отбираемой пробы, в которой с достаточной достоверностью сохранены все свойства первоначальной технологической пробы и руды месторождения [4].

Для обогащения полиметаллической руды в дальнейшем планируется рассмотреть комбинированную гравитационно-флотационную схему. Гравитационное обогащение будет использовано как предконцентрация. Для предконцентрации полиметаллических руд применяется обогащение в тяжелых суспензиях и отсадка. При использовании процесса обогащения в тяжелых суспензиях достигаются наиболее высокие показатели, но требуются большие капитальные затраты и т.к. запасы исследуемой руды незначительны, предпочтение следует отдать менее эффективному, но более дешевому процессу отсадки. Практикой установлено, что обогащение отсадкой руд крупностью более 20 мм эффективно протекает в воздушно-золотниковых отсадочных машинах, для эксплуатации которых необходимо организации воздушного хозяйства для подачи в машину сжатого воздуха, что усложняет данный процесс. В связи с этим исходная крупность руды перед гравитационным обогащением принята 16 мм, материал такой крупности может быть предварительно обогащен в диафрагмовых отсадочных машинах [5].

На основании принятой исходной крупности пробы подвергаемой исследованиям составлялась схема проборазделки и были отобраны представительные пробы для изучения вещественного и гранулометрического состава.

Ситовой анализ выполнен на автоматическом встряхивателе с использованием следующих размеров сит, мм: 16, 8, 3, 1,5, 0,5, 0,074, 0,04.

#### Результаты и их обсуждения. Изучение вещественного и химического состава

Вещественный состав изучался рентгено-дифрактометрическим анализом на автоматизированном дифрактометре ДРОН-3 с  $\text{CuK}\alpha$  – излучением,  $\beta$ -фильтр. Далее приведены межплоскостные расстояния и фазовый состав образцов (табл.1), результаты полуквантитативного рентгенофазового анализа (табл.2), дифрактограмма пробы (рис.1).

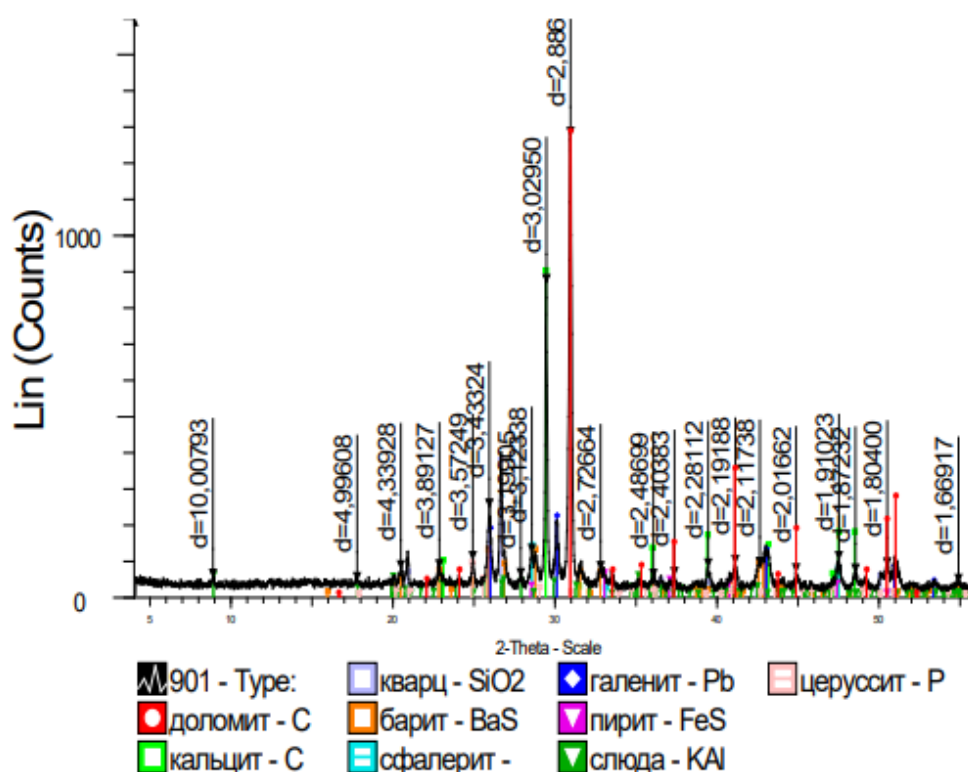
**Таблица 1.** Межплоскостные расстояния и фазовый состав руды

$d$ , Å	$I$ , %	Минерал	$d$ , Å	$I$ , %	Минерал
10,00793	4,4	слюда	2,67004	5,0	-
4,99608	3,7	слюда	2,48699	4,4	-
4,33928	6,2	слюда	2,45541	4,4	-
4,25322	9,7	кварц	2,40383	4,8	-
3,89127	6,4	барит	2,28112	6,6	-
3,69841	4,4	доломит	2,19188	7,4	-
3,57249	8,2	барит	2,11738	6,9	-
3,43324	19,5	барит	2,09799	9,9	-
3,34252	31,2	кварц	2,01662	5,5	-
3,19905	4,5	ПШ	1,99620	3,0	-
3,12338	9,7	пирит	1,97816	3,0	-
3,10181	9,6	барит	1,91023	8,2	-
3,02950	68,1	кальцит	1,87232	5,5	-
2,96476	16,5	галенит	1,81671	5,1	-
2,88698	100,0	доломит	1,80400	6,8	-
2,83258	7,6	барит	1,78759	8,6	-
2,72664	6,0	барит	1,66917	3,3	-

**Таблица 2.** Результаты полуколичественных рентгенофазовых анализов

Минерал	Формула	Концентрация, %
доломит	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	39,6
кальцит	$\text{Ca}(\text{CO}_3)$	27,6
кварц	$\text{SiO}_2$	11,4
барит	$\text{BaSO}_4$	6,7
сфалерит	$\text{ZnS}$	5,2
галенит	$\text{PbS}$	3,3
пирит	$\text{FeS}_2$	3,0
слюда	$\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$	1,9
церуссит	$\text{PbCO}_3$	1,2

Рентгенофазовым анализом установлено, что основными рудными минералами в исследуемой пробе руды являются – галенит, церуссит, сфалерит и пирит. Основными минералами пустой породы в руде являются – доломит, кальцит, барит, кварц и слюда.

**Рисунок 1.** Дифрактограмма пробы полиметаллической руды

Результаты атомно-эмиссионного полуколичественного спектрального анализа приведены в таблице 3.



**Таблица 3.** Результаты атомно-эмиссионного полуколичественного спектрального анализа

Элемент	Концентрация, %	Элемент	Концентрация, %
Au	<0,0002	Ni	0,003
Ag	0,0015	Mo	0,0005
Al	≤1,0	V	0,005
Si	>>1,0	Ga	0,001
Fe	>>1,0	Ge	<0,0002
K	≥1,0	Sr	0,5
Mg	>1,0	Bi	<0,0002
Na	0,1	Nb	<0,001
Mn	≥1,0	Cd	0,02
Ti	0,05	Te	<0,002
Ca	>1,0	Tl	0,001
Cu	0,01	Hg	<0,003
Zn	≤1,0	Y	0,002
Sn	0,0003	Yb	0,0001
Cr	0,002	Be	0,00025
W	<0,002	Ba	>1,0
Pb	>1,0	Ce	0,01
As	0,01	La	0,005
Sb	0,03	Co	0,005
Sc	0,0005	Zr	0,005
Li	<0,002	In	<0,0005
P	<0,07	Ta	<0,01
Pd	<0,0002	Re	<0,0003
Pt	<0,001	Os	<0,001

В таблице 4 приведены результаты химического анализа руды.

**Таблица 4.** Результаты химического анализа руды

Массовая доля, %									
Pb	Zn	Ag, г/т	BaSO <sub>4</sub>	Fe	SiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	S
3,53	1,68	56,1	16,32	1,68	21,75	42,00	16,00	2,92	3,98

По результатам химического анализа, содержание ценных компонентов составило: свинца 3,53 %, серебра 56,1 г/т, цинка 1,68 %. Содержание барита составило 16,32 %, железа общего 1,68 % и серы 3,98 %. Содержание породных минералов составило: кварца 21,75 %, оксида алюминия 2,92 %, кальция 42,00 %, магния 16,00 %.

Результаты фазового анализа свинца и цинка приведены в таблице 5.

**Таблица 5.** Результаты фазового анализа свинца

Формы нахождения	Содержание % (абс.)	Содержание, % (отн.)	Формы нахождения	Содержание % (абс.)	Содержание, % (отн.)
Свинец			Цинк		
Сульфидный	3,26	92,35	Сульфидный	1,546	92,03
Оксисленный	0	0,00	Оксисленный	0,039	2,32
Рварозит	0,27	7,65	Силикатный	0,095	5,65
Pb общий	3,53	100,0	Zn общий	1,68	100,0

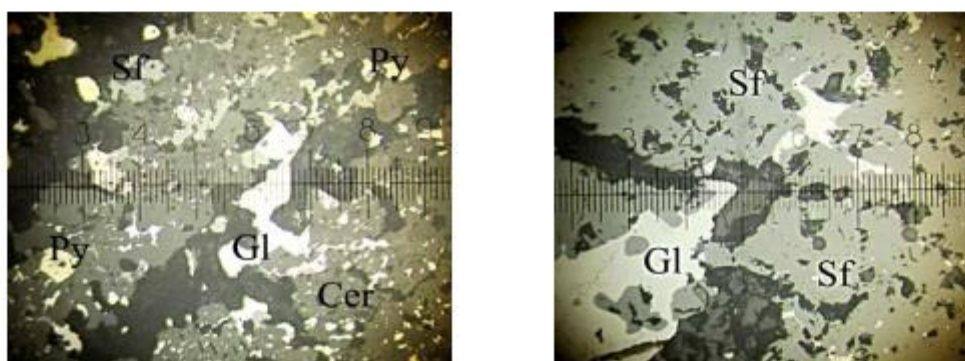
Результаты фазового анализа показали:

- по свинцу: количество свинца в сульфидной форме 92,35 %, свинца в виде пломбоярозита - 7,65 %;

- по цинку: количество цинка в сульфидной форме 92,03 %, в окисленной форме 2,32 %, цинка в виде силикатов - 5,65 %.

*Минералогический анализ руды.* При изучении минералогического состава, выяснилось, что руда представлена сколками доломитизированного известняка, светло-серого цвета, составляющего около 60 %, карбонатно-кремнистой брекчиевидной породы, углистыми алеволитами серовато-черного цвета, яшмой красного цвета и сколками карбонатно-кварц-баритовой породы с густой вкрапленностью сульфидов

Галенит образует крупные включения неправильной формы с изрезанными краями, размером от 0,05 до 1,0 мм, а также наблюдается в виде реликтов в церуссите (рис. 2 а). В крупных агрегатах галенита встречается вкрапленность идиоморфных или частично ограненных кристаллов пирита, размером до 0,03 мм. Кроме этого галенит выполняет межзерновые пространства между кристаллами нерудных минералов, а также образует крупные включения размером до 1,0 мм, неправильной формы с неровными краями. В случае сфалерита, он образует как отдельные скопления ангедральных зерен, так и вкрапленность в галените, нередко полуовальной, каплевидной формы, а также сростки с галенитом (рисунк 2 б).



**Рисунок 2.** а) свинцово-цинковая руда,  
б) гнездово-вкрапленная барит-галенит-сфалеритовая руда, ув.160

*Изучение гранулометрического состава.* Результаты ситового анализа пробы полиметаллической руды с распределением металлов по классам крупности приведены в таблице 6.

**Таблица 6.** Результаты ситового анализа пробы полиметаллической руды дробленной до 16 мм

Наименование продуктов	Выход, %	Содержание, %				Извлечение, %			
		Pb	Zn	Ag, г/т	BaSO <sub>4</sub>	Pb	Zn	Ag	BaSO <sub>4</sub>
-16+8	60,76	3,61	1,79	58,30	15,72	59,15	57,75	56,37	55,17
-8+3	23,54	3,33	1,91	64,20	18,51	21,14	23,88	24,05	25,17
-3+1,5	4,65	3,84	2,12	68,40	19,52	4,81	5,24	5,06	5,24
-1,5+0,5	4,44	4,01	2,21	69,30	19,29	4,80	5,21	4,90	4,95
-0,5+0,074	4,21	5,39	2,42	89,00	20,94	6,12	5,41	5,96	5,09
-0,074+0,04	0,57	7,51	1,97	122,70	34,93	1,15	0,60	1,11	1,15
-0,04+0,0	1,83	5,74	1,97	87,50	30,51	2,83	1,91	2,55	3,23
Итого	100,00	3,71	1,88	62,84	17,31	100,00	100,00	100,00	100,00

По результатам ситового анализа, средневзвешенное содержание компонентов составило: свинца 3,71 %, цинка 1,88 %, серебра 62,84 г/т и барита 17,31 %.

Распределение содержания свинца по классам крупности имеет неравномерный характер и увеличивается от крупных классов -16+8 мм 3,61 % к мелким, включительно до -0,074+0,04 мм – 7,51 %.

Содержание цинка имеет неравномерный характер и увеличивается от крупных классов -16+8 мм 1,79 % к мелким, включительно до -0,074-0,04 мм – 1,97 %.

Содержание серебра по классам крупности имеет неравномерный характер и увеличивается от крупных классов -16+8 мм 58,30 г/т к мелким, включительно до -0,074+0,04 мм – 122,70 г/т.

Содержание барита также имеет неравномерный характер. Наименьшее содержание наблюдается в крупном классе крупностью -16+8 мм и равно 15,72 % и с уменьшением крупности до класса -0,074+0,04 мм увеличивается до 34,93 %.

Т.к. в дальнейшем планируется проведение исследований по предконцентрации отсадкой в качестве машинного класса следует принять класс крупностью -16+3 мм. при дроблении пробы полиметаллической руды до крупности 16 мм выход класса крупностью -16+3 мм составил 84,3 %.

**Выводы.** Рентгенофазовым анализом установлено, что основными рудными минералами в исследуемой пробе руды являются – галенит, церуссит, сфалерит и пирит. Основными минералами пустой породы в руде являются – доломит, кальцит, барит, кварц и слюда;

Химическим анализом установлено, что в руде содержание свинца 3,53 % и цинка 1,68 %. Помимо свинца и цинка ценным компонентом является серебро, содержание которого составило 56,1 г/т;

По результатам фазового анализа свинца в сульфидной форме 92,35 %, цинка 92,03 %, руда относится к сульфидному типу. Обогащение сульфидных полиметаллических руд осуществляется методом селективной флотации;

Минералогическим анализом установлено, что густая вкрапленность сульфидов наблюдается в сколках карбонатно-кварц-баритовой породе. Наличие сульфидов и барита в отдельных сколках о их большей плотности чем основная масса вмещающих пород и должно благоприятно отразиться на гравитационной предконцентрации отсадкой. Также установлено, что сфалерит образует вкрапление и сростки с галенитом, что может усложнить схему флотацию процессом тонкого доизмельчения свинцового концентрата с целью селекцию свинца и цинка;

Ситовым анализом установлено, что при дроблении пробы руды до 16 мм выход машинного класса, который будет направлен на исследования по предконцентрации составил 84,3 %.

#### ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- [1] Купеева Р.Д. (2009). Состояние и перспективы переработки свинцово-цинковых руд. Горный информационно-аналитический бюллетень, 12, 456–460.
- [2] Г.Ж.Нуржанов, П.А. Ниценко. (2022). Особенности вещественного состава свинцово-цинковых руд месторождения Дюсембай Центральный (Центральный Казахстан). Региональная геология и металлогения, 92, 92-104.
- [3] Кодратьева А.А., Брагин В.И., Бурдакова Е.А., Бакшеева И.И., Глумова А.А. (2013). Совершенствование технологии обогащения полиметаллических руд на основе применения сочетаний реагентов собирателей. Горный информационно-аналитический бюллетень, 8, 34-39.
- [4] Леонов С. Б., Белькова О. Н. (2001). Исследование полезных ископаемых на обогатимость. Москва: Интермет Инжиниринг. 631.
- [5] Райвич И.Д. (1998). Отсадка крупнокусковых руд. Москва: Недра, 176.

Ш.А. Телков, А.Т. Жарылғапова, Н.Ю. Мотовилов\*

Satbayev University, Алматы, Қазақстан

\*e-mail: [i.motovilov@satbayev.university](mailto:i.motovilov@satbayev.university)

#### ҚОРҒАСЫН-МЫРЫШ КЕНІНІҢ ЗАТТЫҚ ЖӘНЕ ГРАНУЛОМЕТРИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫН ЗЕРТТЕУ

**Аннотация.** Пайдалы қазбаларды байытуға зерттеу барланған кен орындарының қорларын технологиялық бағалау және бекіту, пайдалы қазбаларды байыту технологиясын әзірлеу және байыту фабрикаларын жобалау үшін қажетті бастапқы деректерді алу, жұмыс істеп тұрған байыту фабрикаларында байыту технологиясын жетілдіру, жаңа байыту процестерін, технологиялық режимдер мен схемаларды, флотациялық реагенттерді әзірлеу және сынау мақсатында орындалады.

Зертханалық зерттеулер жабық технологиялық схеманың әрбір операциясы бойынша жеке тәжірибелер қойыла отырып, зертханалық жабдықта орындалады. Олар кенді байыту мүмкіндіктерін анықтауға, негізгі технологиялық сызбаны іздеуге, кенді өңдеудің технологиялық режимдері мен көрсеткіштерін алдын-ала анықтауға арналған.

Пайдалы қазбаларды байытуға зерттеу кезінде объект туралы бастапқы ақпаратты алу заттық және гранулометриялық құрамды зерттеу кезінде жүзеге асырылады. Алынған ақпарат байытудың ең ұтымды технологиялық сызбасын іздеуді тарылтуға мүмкіндік береді.

Жұмыста байытудың ұтымды технологиясын әзірлеу бойынша одан әрі бағытты таңдау мақсатында Қазақстан Республикасы кен орындарының біріндегі қорғасын-мырыш кенінің заттай және гранулометриялық құрамын зерделеу нәтижелері ұсынылған.

**Негізгі сөздер:** заттық құрамы, гранулометриялық құрамы, қорғасын, мырыш, күміс.

Sh.A. Telkov, A.T. Zharylgapova, I.Y. Motovilov\*

Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

\*e-mail: [i.motovilov@satbayev.university](mailto:i.motovilov@satbayev.university)

#### STUDY OF THE MATERIAL AND GRANULOMETRIC COMPOSITION OF LEAD-ZINC ORE

**Abstract.** Mineral processing surveys are carried out for the purpose of technological assessment and approval of reserves of explored deposits, development of mineral processing technology and obtaining the necessary initial data for the design of processing plants, improvement of enrichment technology at existing processing plants, development and testing of new processing processes, technological modes and schemes, flotation reagents.

Laboratory studies are carried out on laboratory equipment with the formulation of separate experiments for each operation of a closed technological circuit. They are designed to find out the possibilities of ore enrichment, search for a basic technological scheme, preliminary determination of technological modes and indicators of ore processing.

Obtaining initial information about the object, when studying minerals for enrichment, is carried out when studying the material and granulometric composition. The information obtained allows us to narrow down the search area for the most rational technological scheme of enrichment.

The paper presents the results of studying the material and granulometric composition of lead-zinc ore from one of the deposits of the Republic of Kazakhstan in order to choose a further direction for the development of rational technology for its enrichment.

**Keywords:** material composition, granulometric composition, lead, zinc, silver.



SATBAYEV UNIVERSITY



# ДИПЛОМ

«International Satbayev Conference 2023.  
Ғылым және технологиялар:  
идеядан өндіріске ендіруге дейін»  
халықаралық конференциясына қатысып,

*Шарғазалова А*

**II ОРЫН**  
алғаны үшін марапатталады

Басқарма Төрағасы – Ректор



*М. Бегентаев*



SATBAYEV UNIVERSITY



# СЕРТИФИКАТ CERTIFICATE

«СӘТБАЕВ ОҚУЛАРЫ-2023. ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛАР: ИДЕЯДАН ӨНДІРІСКЕ ЕНДІРУГЕ ДЕЙІН»  
«SATBAYEV CONFERENCE-2023. SCIENCE AND TECHNOLOGY: FROM IDEA TO IMPLEMENTATION»

Халықаралық ғылыми-практикалық конференцияға жоғарғы деңгейлі  
International research and Practice conference on the topic

«Қорғасын-мырыш кенінің заттық және гранулометриялық құрамын зерттеу»  
Study of the material and granulometric composition of lead-zinc ore  
(Ш.А. Телков, А.Т. Жарылғанова, И.Ю. Моговилов)

атты мазмұнды бағдарлама ұсынғаны үшін беріледі.  
for providing a high-level semantic report

Басқарма Төрағасы – Ректор



*М. Бегентаев*

2023 ж.

**ОТЗЫВ  
НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ**

на магистерскую диссертацию  
Жарылганова Аида Талгаткызы

по специальности 7М07226 – Обогащение полезных ископаемых

на тему: «Разработка комбинированной гравитационно-флотационной  
технологии переработки полиметаллической руды месторождения  
«Узынжал»»

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

В работе выполнены 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 полиметаллической 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 Жарылганова Аида Талгаткызы соответствует предъявляемым требованиям, а автор заслуживает оценки «отлично» - 95 % и присуждения ему ученой степени магистра по специальности 7М07226 – Обогащение полезных ископаемых

Научный руководитель  
Доктор PhD, ассоциированный профессор  И.Ю. Мотовилов

«10» 06 2024 г.

## РЕЦЕНЗИЯ

на магистерскую диссертацию  
Жарылгаповой Аиды Талгаткызы  
по специальности 7М07226 – Обогащение полезных ископаемых  
на тему: «Разработка комбинированной гравитационно-флотационной  
технологии переработки полиметаллической руды месторождения  
«Узынжал»».

Выполнено:

- а) графическая часть на \_\_\_\_\_ листах
- б) пояснительная записка на \_\_\_\_\_ страницах

### ХАРАКТЕРИСТИКА ДИССЕРТАЦИИ:

Магистерская диссертация представляет собой всестороннее исследование текущего состояния добычи и переработки сульфидных свинцово-цинковых руд в Казахстане и за его пределами.

На основании выполненного литературного обзора были грамотно поставлены задачи для достижения цели исследования магистерской диссертации.

С использованием современных методов анализа были изучены вещественный, минеральный, фазовый, химический и рациональный состав руды. Выполненные исследования в магистерской диссертации включали предварительное гравитационное обогащение отсадкой, которое позволило выделить часть отвалных крупнокусковых хвостов. Флотационными тестами на предобогащенном продукте определены оптимальные режимы селективной флотации свинца и цинка.

Достоинством магистерской диссертации является удачное применение технологии гравитационного предобогащения сульфидных руд в сочетании с флотацией. Этот комплексный подход позволяет эффективно концентрировать ценные металлы в предварительно обогащенном продукте, оптимизируя процесс переработки, а также минимизируя потери ценных компонентов.

Результаты диссертации были опубликованы в материалах международной научно-практической конференции "Сатпаевские чтения - 2023. Наука и технологии: от идеи до внедрения", прошедшей в г. Алматы. Тема доклада "Изучение вещественного и гранулометрического состава свинцово-цинковых руд". Очный доклад занял второе место в своей категории, выделиться среди множества других работ.

Разработанная технология обогащения сульфидных свинцово-цинковых руд была заложена в технологический регламент по переработки руд месторождения Узынжал.

### ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

К магистерской диссертации имеется ряд замечаний:

- 1) В магистерской диссертации отсутствует сравнительный анализ технологических показателей по предобогащению руды отсадкой и в тяжелых суспензиях.

### ОЦЕНКА РАБОТЫ

Проведенные исследования в представленной на рецензию магистерской диссертации сравнимы с хорошими достижениями в области переработки свинцово-цинкового сырья предъявляемыми к данному виду научно-исследовательских работ. Исследования проведены на достаточно высоком уровне, заслуживают оценки отлично (95 баллов) и присвоения автору – Жарылғаповой А. Т. степени магистра по специальности 7М07226 – «Обогащение полезных ископаемых».

Рецензент



Кучербаев Бауыржан Расымжанович

Занимаемая должность: Заместитель начальника производственного технического отдела ГОК «Пустынное», магистр технических наук.

«28» 05 2024 г.



## Протокол

### о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

**Автор:** Жарылгапова Аида Талгаткызы

**Соавтор (если имеется):**

**Тип работы:** Магистерская диссертация

**Название работы:** «Разработка комбинированной гравитационно-флотационной технологии переработки полиметаллической руды месторождения «Узылжал»»

**Научный руководитель:** Игорь Мотовилов

**Коэффициент Подобия 1:** 10.1

**Коэффициент Подобия 2:** 3.5

**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:

2024-05-28

*Дата*

*Заведующий кафедрой*

*Миоппе  
Бэрмешинова М.Б.  
[Подпись]*

## Протокол

### о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

**Автор:** Жарылгапова Анда Талгаткызы

**Совтор (если имеется):**

**Тип работы:** Магистерская диссертация

**Название работы:** «Разработка комбинированной гравитационно-флотационной технологии переработки полиметаллической руды месторождения «Узынжал»»

**Научный руководитель:** Игорь Мотовилов

**Коэффициент Подобия 1:** 10.1

**Коэффициент Подобия 2:** 3.5

**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:

2024-05-28

*Дата*



Елеусиз Тажиев

*проверяющий эксперт*



## Метаданные

Название

«Разработка комбинированной гравитационно-флотационной технологии переработки полиметаллической руды месторождения «Узынжал»»

Автор

Жарылгалова Анда Талгатқызы

Научный руководитель / Эксперт




Игорь Мотовилов

Подразделение

Г\_М\_И

## Тревога

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)		35

## Объем найденных подоби

КП-ия определяют, какой процент текста по отношению к общему объему текста был найден в различных источниках.. Обратите внимание! Высокие значения коэффициентов не означают плагиат. Отчет должен быть проанализирован экспертом.



25

Длина фразы для коэффициента подобия 2



5209

Количество слов



43181

Количество символов

## Подобия по списку источников

Ниже представлен список источников. В этом списке представлены источники из различных баз данных. Цвет текста означает в каком источнике он был найден. Эти источники и значения Коэффициента Подобия не отражают прямого плагиата. Необходимо открыть каждый источник и проанализировать содержание и правильность оформления источника.

### 10 самых длинных фраз

Цвет текста

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ И АДРЕС ИСТОЧНИКА URL (НАЗВАНИЕ БАЗЫ)	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)	
1	Жарылгалова А - Изучение вещественного и гранулометрического состава свинцово-цинковой руды (1).docx 4/26/2023 Satbayev University (Г_М_И)	167	3.21 %
2	Жарылгалова А - Изучение вещественного и гранулометрического состава свинцово-цинковой руды (1).docx 4/26/2023 Satbayev University (Г_М_И)	147	2.82 %