

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
НАО Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И.Сатпаева

Горно-металлургический институт имени О.А.Байконурова
Кафедра металлургии и обогащения полезных ископаемых

Бостандыков Асет Маликулы

Исследование обогатимости и разработка технологии переработки
окисленных свинцово-баритовых руд с использованием гравитационных
процессов обогащения

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Специальность 6M073700-обогащение полезных ископаемых

Алматы 2019

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
НАО Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И.Сатпаева

Горно-металлургический институт имени О.А.Байконурова

Кафедра металлургии и обогащения полезных ископаемых

УДК 622.75/.77(043)

На правах рукописи

Бостандыков Асет Маликулы

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

На соискание академической степени магистра

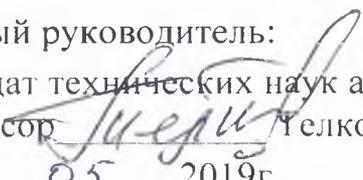
Название диссертации

Исследование обогатимости и
разработка технологии переработки
окисленных свинцово-баритовых руд
с использованием гравитационных
процессов обогащения

Направление подготовки

6М073700-Обогащение полезных
ископаемых

Научный руководитель:

Кандидат технических наук ассоц.
профессор  Телков Ш.А.

«29» 05 2019г.

Рецензент:

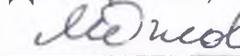
Старший научный сотрудник, АО
«Институт металлургии и обогащения»

 Бондаренко И.В.

«28» мая 2019г.

Нормоконтроль:

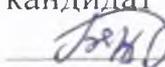
Доктор PhD, лектор

 Мотовилов И.Ю.

«28» 05 2019г.

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

заведующая кафедрой МиОПИ,
кандидат технических наук

 М.Б.Барменшинова

«29» 05 2019г.

Алматы 2019

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

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

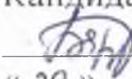
Горно-металлургический институт имени О.А. Байконурова

Кафедра металлургии и обогащения полезных ископаемых

6M073700 – Обогащение полезных ископаемых

УТВЕРЖДАЮ

Заведующая кафедрой МиОПИ,
Кандидат технических наук

 М.Б. Барменшинова

« 29 » 05 2019г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение магистерской диссертации

Магистранту Бостандыкову Асету Маликулы

Тема: Исследование обогатимости и разработка технологии переработки окисленных свинцово-баритовых руд с использованием гравитационных процессов обогащения

Утверждена приказом Ректора Университета №1597-п от « 30 » 10 2017г.

Срок сдачи законченной диссертации « 29 » 05 2019 г.

Исходные данные к магистерской диссертации: окисленные свинцово-баритовые руды

Перечень подлежащих разработке в магистерской диссертации вопросов:

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

Перечень графического материала: слайдов

ГРАФИК
подготовки магистерской диссертации

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки предоставления научному руководителю и консультантам	Примечание
Введение	05.02.2018	
Аналитический обзор литературы	12.02.2018	
Методика исследований	23.06.2018	
Экспериментальная часть	01.10.2018	
Заключение	13.05.2019	

Подписи

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

Наименование раздела	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	подпись
Введение	Телков Ш.А. к.т.н, доцент	05.02.2018	
Аналитический обзор литературы		12.02.2018	
Методика исследований		23.06.2018	
Экспериментальная часть		01.10.2018	
Заключение		13.05.2019	
Нормоконтролер	Мотовилов И.Ю. доктор PhD	28.05.2019	

Научный руководитель  Телков Ш.А.

Задание принял к исполнению обучающийся  Бостандыков А.М.

Дата « 29 » 05 2019 г.

**ОТЗЫВ
НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ**

на магистерскую диссертацию
Бостандыкова Асета Маликулы

по специальности 6M073700 – Обогащение полезных ископаемых
на тему: «Исследование обогатимости и разработка технологии переработки
окисленных свинцово-баритовых руд с использованием гравитационных
процессов обогащения».

В магистерской диссертации в необходимом объеме выполнен литературный обзор сырьевой базы полиметаллических руд и технологий их переработки в Республике Казахстан и в странах СНГ и на основании этого правильно определено направление решения поставленной задачи исследований.

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

На основании полученной информации по выполненным исследованиям проведены исследования по обогащению машинных классов крупностью 60 – 12 мм, 12 – 2,5 мм и 2,5 + 0,63 мм с использованием процесса отсадки.

Тонкие классы подвергались обогащению на концентрационном столе и в центробежном поле сил.

Актуальность и ценность магистерской диссертации заключаются в разработке технологии обогащения окисленных свинцово-баритовых руд с целью вовлечения их в переработку и получением чернового концентрата с содержанием свинца не менее 20 %, пригодного для дальнейшего его флотационного обогащения.

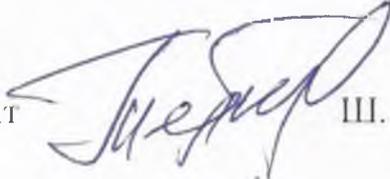
Также можно отметить, что методики исследований, использованные в магистерской диссертации и в частности постановки опытов по отсадке, могут быть использованы в учебном процессе для развития навыков исследовательской работы у студентов.

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

Основные результаты работы опубликованы в научных журналах.

Таким образом, по совокупности признаков магистерская диссертация магистранта Бостандыкова Асета Маликулы соответствует предъявляемым требованиям, а автор заслуживает присуждения ему ученой степени магистра по специальности 6M073700 – «Обогащение полезных ископаемых». 90%

Научный руководитель
Кандидат технических наук, доцент
« 3 » 06 2019 г.

 Ш. А. Телков

РЕЦЕНЗИЯ

на магистерскую диссертацию

Бостандыкова Асета Маликулы

по специальности 6М073700 – Обогащение полезных ископаемых

на тему: «Исследование обогатимости и разработка технологии переработки окисленных свинцово-баритовых руд с использованием гравитационных процессов обогащения».

Выполнено:

а) графическая часть на _____ листах

б) пояснительная записка на _____ страницах

ХАРАКТЕРИСТИКА ДИССЕРТАЦИИ:

В магистерской диссертации в необходимом объеме выполнен литературный обзор сырьевой базы полиметаллических руд и технологий их переработки в Казахстане и в странах СНГ.

Проведена грамотная постановка задач исследований.

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

Полученные результаты позволили магистранту грамотно провести исследования по отсадке, концентрации на столе и в центробежном поле.

Достоинство магистерской диссертации заключается в разработке технологии обогащения окисленных свинцово-баритовых руд с целью вовлечения их в переработку и получением черного концентрата с содержанием свинца не менее 20 %, пригодного для дальнейшего его флотационного обогащения.

Результаты магистерской диссертации апробированы на двух научно-практических конференциях:

- «Эффективные технологии производства цветных, редких и благородных металлов», посвященной проблемам металлургической науки и промышленности и памяти известного ученого-металлурга, члена-корреспондента Академии наук РК, лауреата Государственной премии Республики Казахстан Булата Балтакаевича Бейсембаева. – Алматы, 2018;

- труды Сатпаевских чтений «Инновационные решения традиционных проблем: инженерия и технологии» Алматы 2019.

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

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

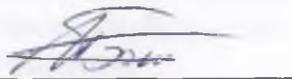
К магистерской диссертации имеется ряд замечаний:

1) Работу можно было дополнить предварительными опытами по флотационному обогащению полученного черного гравитационного концентрата.

ОЦЕНКА РАБОТЫ

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

Рецензент



Бондаренко Игорь Владимирович

Занимаемая должность: старший научный сотрудник АО «Институт металлургии и обогащения», кандидат технических наук.

«28» маз 2019 г.

Қолы/подпись
<u>Бондаренко И.В.</u>
Қастаймын / заверяю
Бас ғылыми хатшы / Главный ученый секретарь
«Металлургия және кен байыту институты» АҚ
«28.05.2019 ж. <u>Chem</u> »



1

Протокол анализа Отчета подобия

заведующего кафедрой / начальника структурного подразделения

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

Автор: Бостандыков Асет Маликулы

Название: Исследование обогатимости и разработка технологии переработки окисленных свинцово-баритовых руд с использованием гравитационных процессов обогащения

Координатор: Шамиль Телков

Коэффициент подобия 1:13

Коэффициент подобия 2:5,5

Тревога:2

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

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

Обоснование:

Обнаруженные заимствования не являются плагиатом

Барменский М.Б. [подпись]

Дата

Подпись заведующего кафедрой /

начальника структурного подразделения

Окончательное решение в отношении допуска к защите, включая обоснование:

Работа допускается к защите

29.05.2019

Барменников М.Б.

Дата

Подпись заведующего кафедрой /

начальника структурного подразделения

Протокол анализа Отчета подобия Научным руководителем

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

Автор: Бостандыков Асет Маликулы

Название: Исследование обогатимости и разработка технологии переработки окисленных свинцово-баритовых руд с использованием гравитационных процессов обогащения

Координатор: Шамиль Телков

Коэффициент подобия 1: 13

Коэффициент подобия 2: 5,5

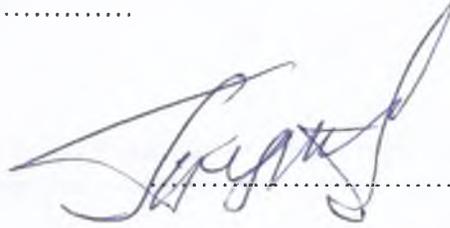
Тревога: 2

После анализа Отчета подобия констатирую следующее:

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

Обоснование:

Обнаруженные замечания не являются
материальными, на каждое замечание
в работе приведены ссылки.



Дата

Подпись Научного руководителя

АҢДАТПА

Жұмыста ТМД елдерінде және Қазақстан Республикасында әр түрлі типтегі қорғасын кендерін өңдеу технологиялары қаралды.

Зерттеудің заманауи әдістерін қолдана отырып, материал мен минералды құрамы зерттелді және де Үшқатын-III кен орнының тотыққан қорғасын-барит кендерін гравитациялық байыту зерттелді.

Зерттеу нәтижесінде қорғасын, барит және күмістің таралымы анықталды және олардың гравитациялық байыту үшін құрылғылар сыныптары анықталды.

Гравитациялық байытуды анықтау бойынша зерттеулердің нәтижелері негізінде және әртүрлі құрылғы массасының сыныптары бойынша, центрифуга өрісінде шоғырлану және тұндыру бойынша зерттеулер жүргізілді.

Зерттеудің нәтижелеріне сүйене отырып, гравитациялық технологиялық байыту схемасы әзірленді, бұл өз алдына қорғасын концентрациясын кем дегенде 20 % мөлшерінде алуға болатындығын көрсетеді. Жұқа сыныптарды байыту үшін центрифугациялық құрылғыларды пайдалану мүмкіндігі дәлелденді.

АННОТАЦИЯ

В работе выполнен анализ технологий переработки различных типов свинцовых руд в странах СНГ и Республике Казахстан.

С использованием современных методов анализа изучен вещественный и минеральный состав, а также исследована гравитационная обогатимость окисленных свинцово-баритовых руд месторождения Ушкатын-III.

В результате исследований определен характер распределения свинца, барита и серебра по классам крупности и определены машинные классы для их гравитационного обогащения.

На основании результатов исследований по определению гравитационной обогатимости выполнены исследования по отсадке, концентрации на столе и в центробежном поле различных машинных классов крупности.

На основании полученных результатов исследований разработана гравитационная технологическая схемы обогащения обеспечивающая получение чернового концентрата с содержанием свинца не менее 20 %. Доказана возможность использования центробежных аппаратов для обогащения тонких классов.

ABSTRACT

The thesis analyzes the processing technologies of various types of lead ores in the CIS countries and the Republic of Kazakhstan.

With the use of modern methods of analysis, the material and mineral composition has been studied, and the gravitational enrichment of oxidized lead-barite ores of the Ushkatyn-III deposit has been investigated.

As a result of research, the nature of the distribution of lead, barite and silver by size class was determined and machine classes for their gravitational enrichment were determined.

Based on the results of studies to determine the gravitational enrichment, studies have been performed on jigging, concentration on the table and in the centrifugal field of various machine size classes.

Based on the results of research, a gravitational technological enrichment scheme has been developed that provides a rough concentrate with a lead content of at least 20%. The possibility of using centrifugal devices for enrichment of thin classes has been proved.

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	9
1	Аналитический обзор	11
1.1	Промышленные минералы свинца	11
1.2	Основные типы промышленных свинцово-цинковых месторождений	11
1.3	Технологии переработки свинцовых руд	12
1.4	Анализ литературного обзора и постановка задач исследований	19
2	Методика исследований	21
2.1	Промывка и мокрый ситовой анализ руды	21
2.2	Седиментационный анализ	21
2.3	Гравитационное обогащения	21
2.4	Выполнение химических анализов	22
3	Экспериментальная часть	23
3.1	Объект исследований	23
3.2	Изучение вещественного состава	23
3.2.1	Выводы по изучению вещественного состава	27
3.3	Гранулометрический состав исследуемой пробы руды	27
3.3.1	Ситовой состав руды крупностью 60 – 0,071 мм	27
3.3.2	Ситовой состав руды крупностью 0,071 – 0,0 мм	30
3.3.3	Ситовой состав руды крупностью 60 – 0,0 мм	33
3.3.4	Выводы по изучению гранулометрического состава руды	34
3.4	Обогащение руды с использованием гравитационных процессов	35
3.4.1	Отсадка класса крупностью – 60 + 12 мм	35
3.4.2	Отсадка класса крупностью – 12 + 2,5 мм	37
3.4.3	Отсадка класса крупностью – 2,5 + 0,63 мм	40
3.4.4	Обогащение класса крупностью – 0,63 + 0,071 мм на концентрационном столе	43
3.4.5	Обогащение класса крупностью – 0,071 + 0,0 мм на центробежном концентраторе	46
3.4.6	Выводы по обогащению руды с использованием гравитационных процессов	48
3.5	Технологические показатели обогащения и рекомендуемая технологическая схема переработки руды	49
	Заключение	54
	Список использованной литературы	56
	Приложение А – Оттиски опубликованных статей	58

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность. Современное развитие мировой практики производства цветных металлов характеризуется, с одной стороны, непрерывным повышением объема выплавки свинца и в связи с этим ростом потребления свинцовых руд, а с другой стороны – снижением среднего содержания свинца в добываемых рудах. Широкое вовлечение в эксплуатацию месторождений трудных и бедных свинцовых руд стало возможным благодаря освоению процессов предварительного обогащения.

В настоящее время в мировой практике горно-металлургической промышленности в широких масштабах перерабатываются сульфидные руды, в меньших количествах – окисленные руды.

Основные обогатительные предприятия по переработке свинцовых руд находятся в СНГ (Россия, Казахстан, Украина), США. Широкое вовлечение их в обогащение объясняется простотой переработки этих руд и высокими качественными и технико-экономическими показателями. Состояние современной технологии обогащения позволяет получать из бедных сульфидных свинцовых руд концентраты весьма высокого качества.

Одним из месторождений свинцово-баритовых руд в РК является северный участок марганцевого месторождения Ушкатын-III.

Участок барито-свинцовых руд на месторождении представлен различными технологическими типами: окисленные свинцовые, окисленные свинцово-баритовые, смешанные свинцово-баритовые, сульфидные свинцово-баритовые, баритовые и пироморфитовые. Основная часть запасов месторождения представлена сульфидными рудами.

В контуре месторождения доля окисленных руд, в общем балансе запасов, составляет около 30 %. Эти руды крайне неоднородны по составу и качеству и среднее извлечение свинца в концентраты, по результатам ранее выполненных технологических исследований, составляло 58,0 – 59,0 % [1].

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

На основании выше изложенного, **целью магистерской диссертации** является исследование гравитационной обогатимости окисленных свинцово-баритовых руд и разработка оптимальных технологий их переработки.

Объектом исследования являлась окисленная свинцово-баритовая руда месторождения Ушкатын - III.

Предмет исследования – разработка гравитационной технологии обогащения окисленной свинцово-баритовой руды с получением черновых концентратов.

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

- исследовать вещественный и минералогический состав;

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

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

Практическая значимость. Разработка технологии обогащения с получением черновых концентратов с содержанием свинца не менее 20 %, которая в настоящее время используется на АО «ЖГОК»

1 Аналитический обзор

1.1 Промышленные минералы свинца

Главный промышленный минерал свинца – галенит PbS . Подчиненное значение имеют буланжерит $Pb_5Sb_4S_{11}$, джемсонит $Pb_4FeSb_6S_{14}$, галеновисмутит $PbBi_2S_4$, бурнотит $CuPbSbS_3$ и некоторые другие сульфосоли. Могут представлять промышленный интерес и окисленные руды свинца, в которых главные минералы англезит $PbSO_4$ и церуссит $PbCO_3$. В подчиненных количествах в них присутствуют миметезит $Pb_5[AsO_4]_3Cl$, бедантит $PbFe_3[AsO_4][SO_4][OH]_6$, ванадинит $Pb_3[VO_4]_3Cl$, вульфенит $PbMoO_4$ и др [2].

Монометаллические свинцовые руды встречаются очень редко. Как правило, месторождения содержащие свинец являются полиметаллическими и представлены свинцово-цинковыми рудами.

Свинцово-цинковые руды, как правило, комплексные. В них чаще всего цинк преобладает над свинцом, и реже встречаются месторождения, в рудах которых преобладает свинец. Кроме этих двух основных металлов из руд извлекают медь, серебро, золото, висмут, олово, ряд редких элементов-спутников. В мировой практике разрабатываются месторождения с суммарным содержанием свинца и цинка 4 – 24 %. В богатых рудах суммарное содержание свинца и цинка более 7%, в рудах бедных и среднего качества – 4 – 7 %.

По технологическим свойствам среди руд различают сульфидные, окисленные и смешанные. Все типы руд обогащаются методом флотации, которая может быть прямой селективной, или же сначала получают коллективный концентрат, а затем производят его разделение [2].

При металлургическом переделе концентратов свинец получают пирометаллургическим, а цинк главным образом гидрометаллургическим способом.

1.2 Основные типы промышленных свинцово-цинковых месторождений

1. Колчеданно-полиметаллические пластообразные месторождения в докембрийских метаморфических породах: Брокен-Хилл (Австралия), Сулливан (Канада), Холоднинское (Россия);
2. Колчеданно-полиметаллические месторождения в вулканогенно-осадочных и терригенных толщах: Лениногорское, Зыряновское, Жайремское (Казахстан), Озерное, Филизчайское (Россия), Серро-де-Паско (Перу);
3. Полиметаллические месторождения с разнообразной морфологией рудных тел в скарнированных и окварцованных карбонатных породах: Алтын-

Топкан, Канссай (Казахстан), Верхнее, Кадаинское, Благодатское (Россия), Тинтик (США) и др;

4. Свинцово-цинковые стратиформные месторождения в карбонатных породах: Миргалимсайское (Казахстан), рудные районы Миссисипи – Миссури и ТРИ-Стейт (США), Пайн Поинт (Канада);

5. Полиметаллические жильные и жилообразные месторождения: Садонское (Россия), Кер-де-Ален (США) [1].

Второстепенный тип – стратиформные месторождения медистых песчаников, содержащих свинец и цинк.

В скарновых рудах пустая порода представлена скарнообразующими минералами диоксид-гранатового состава. Соотношение свинца и цинка в этих рудах обычно составляет 1:1,4. Основные сульфидные минералы в этих рудах – галенит, сфалерит и пирротин.

В рудах метасоматических месторождений соотношение свинца и цинка равно 1:0,8. Пустая порода представлена в основном кварцем и доломитом, присутствуют кальцит и сидерит (FeCO_3).

Две трети всех запасов свинца и цинка находится в месторождениях колчеданного и стратиформного типов.

Колчеданные руды отличаются высоким содержанием пирита, реже пирротина, сложностью минерального состава и тонким взаимным проращением минералов.

Колчеданные руды, как правило, полиметаллические: они помимо свинца содержат цинк и медь, золото, серебро, кадмий, реже олово и висмут, также барит, флюорит и пирит. Соотношение свинца и цинка в рудат этого типа обычно 1:2,4.

Руды месторождений стратиформного типа отличаются высоким содержанием свинца и цинка при соотношении 1:1 (от 6 до 8,5% свинца и от 5 до 7% цинка).

Минералы пустой породы представлены кварцем, доломитом, баритом; рудные минералы – галенитом, сфалеритом; в рудах зоны окисления присутствуют англезит, церуссит, смитсонит (ZnCO_3).

По степени окисленности свинецсодержащие руды делятся на сульфидные, смешанные, окисленные [3,4].

В СНГ запасы и добыча свинца распределяются по четырем типам – второму - пятому, а цинка главным образом по двум – второму и третьему.

Месторождения с запасами свинца до 200 тыс. т считаются мелкими, 200 – 1000 тыс. т – средними и свыше 1000 тыс. т – крупными [2].

1.3 Технологии переработки свинцовых руд

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

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

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

Этот метод позволяет:

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

Сульфидные свинцовые руды, не содержащие цинк и медь, в природе встречаются редко, и их обогащение осуществляется по простым технологическим схемам, стадийность которых зависит от крупности вкрапленности и распределения галенита по классам крупности. Флотируется галенит в содовой среде при рН 8-8,5 ксантогенатами или дитиофосфатами при расходе 30-60 г/т.

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

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

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

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

Совместная флотация галенита и окисленных минералов свинца осуществлялась на Кентауских фабриках №1 и №2, где перерабатывались свинцово-баритовые смешанные руды Миргалимсайского месторождения.

В этих рудах относительное содержание окисленных форм свинца в виде церуссита, англезита составляет от 15 до 20 %, в руде также присутствуют пирит (1,5-2 %), небольшое количество сфалерита и халькопирита. Руды отличаются чрезвычайно тонкой и неравномерной

вкрапленностью свинцовых минералов. Около 90 % зерен галенита имеют крупность около 0,2 мм, из них более 50 % крупностью 0,02 мм. Церуссит на 50 % представлен зернами крупностью менее 0,005 мм, зерна барита имеют крупность менее 0,05 мм.

Обогащение руды осуществлялось по схеме трех стадийной флотации, рисунок 1.

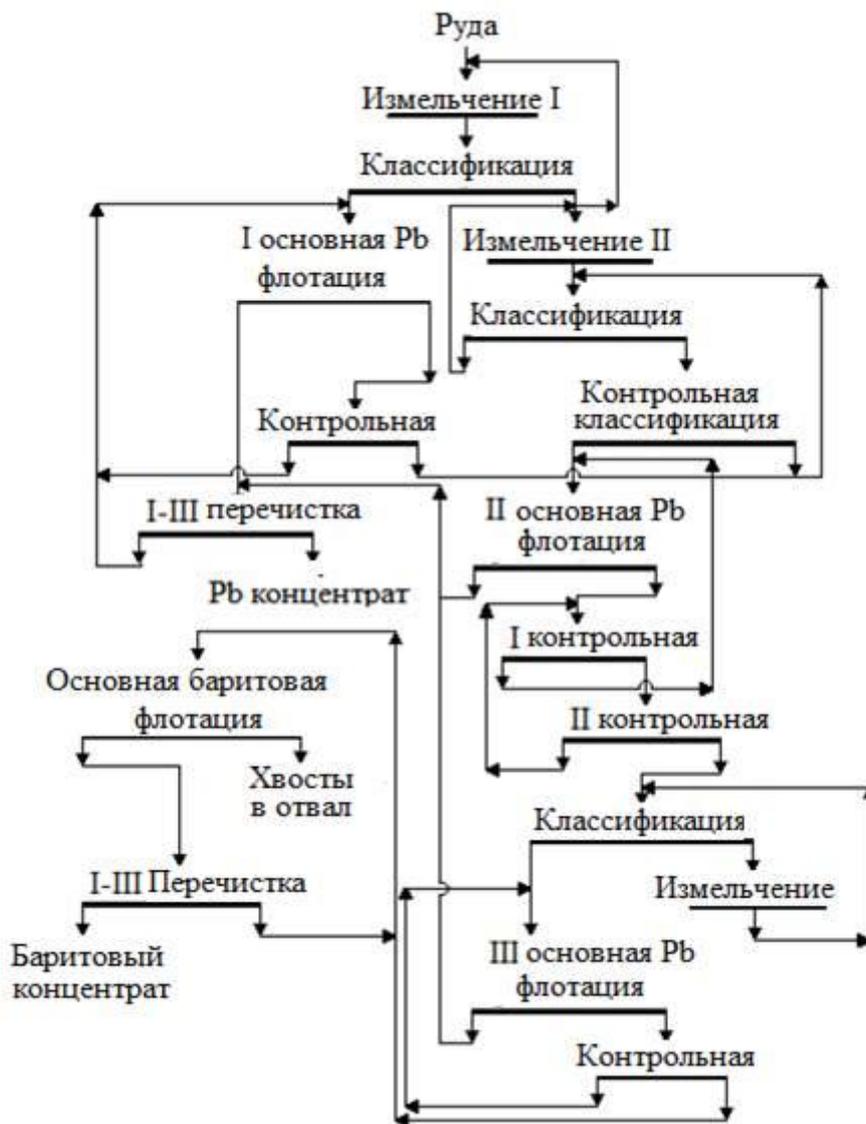


Рисунок 1 – Технологическая схема флотации смешанных свинцово-баритовых руд

Первая стадия измельчения проводится в стержневой мельнице, которая работает в полузамкнутом цикле со спиральным классификатором. Слив этого классификатора крупностью 45-50% класса -0,074 мм направляется на первую основную свинцовую флотацию, которая проводится с подачей сернистого натрия (450 г/т) для сульфидизации окисленных

минералов, собирателя – смеси бутилового и этилового ксантогенатов (85 г/т), дитиофосфата (18 г/т) и вспенивателя Т-80 (10 г/т).

Хвосты первой флотации доизмельчаются до крупности 75-80% класса -0,074 мм, а хвосты второй флотации - до 100 % и подвергаются свинцовой флотации с подачей сернистого натрия, суммарный расход которого в этих операциях составляет 350 г/т.

Расход смеси ксантогената составляет 75 г/т, дитиофосфата 12 г/т, вспенивателя 15 г/т. Для повышения качества свинцового концентрата и подавления пирита в 1 перерывную свинцовую флотацию подается цианистый натрий. Это позволяет повысить содержание свинца в готовом концентрате до 44-46 % при извлечении 80-82 %.

Хвосты контрольной свинцовой флотации третьей стадии направляются на баритовую флотацию, которая проводится в присутствии собирателя – смеси олеиновой кислоты (45 г/т) алкилсульфата (80 г/т). Минералы пустой породы подавляются жидким стеклом, подаваемым в основную флотацию (1100 г/т) и в перерывную (500 г/т). Готовый баритовый концентрат содержит 80-82% барита при извлечении 54-56 % [5].

Предварительное обогащение свинцово-цинковых руд эффективно осуществляется тяжелосредной сепарацией.

Свинцово-цинковые руды широко распространены, отличаются разнообразием вещественного состава и добываются почти на 1400 рудниках. В странах СНГ свинцово-цинковые руды перерабатываются на Алмалыкской, Текелийской, Зырянской, Карагайлинской, Мизурской, Салаирской, Краснореченской, Алтайской, Горевской и других фабриках. В последние годы возросли объёмы переработки труднообогатимых, некондиционных и забалансовых руд. Сульфидные свинцово-цинковые вкрапленные руды, несмотря на их разнообразие, обогащают по гравитационнофлотационным и чисто флотационным схемам. Гравитация в схемах флотации применяется на 60 % обогатительных фабрик США, отсадка, винтовая сепарация и обогащение в тяжёлых средах - в Италии, Канаде, странах СНГ. Гравитационное обогащение в «голове» процесса применяют на Зырянской, Краснореченской, Лениногорской, Текелийской, Алмалыкской и других фабриках.

Обогащению в тяжёлых средах руда подвергается после дробления до крупности -100+10 мм и промывки. Плотность суспензии (2600-2800 кг/м³) зависит от плотности пород и вкрапленности минералов, утяжелитель - гранулированный ферросилиций плотностью 6400-7000 кг/м³, содержащий 10-20 % Si. Схемы включают предварительную классификацию руды, регенерацию суспензии и флотацию.

На Зырянской фабрике перерабатывают сульфидные и смешанные руды. После среднего дробления руда поступает на грохот для выделения класса крупностью -14 мм, который поступает на обезвоживание и затем в бункер главного корпуса. Класс -50+14 мм направляют в конусные

тяжелосредные сепараторы. Выход лёгкой фракции смешанных руд 37-45 % и сульфидных 25-35 %, её после отмывки утяжелителя используют на строительстве дорог. Потери свинца, цинка, меди после отмывки невелики: для сульфидных 3,6 %, смешанных руд - до 4,4 % каждого. Тяжёлая фракция после отмывки дорабатывается до 16 мм и поступает на измельчение. Суспензия регенерируется на магнитных сепараторах. Тонкий класс (-16+0 мм) из корпуса дробления поступает на спиральные классификаторы, пески которых направляют на измельчение в главный корпус, а слив - на гидроциклонирование и сгущение; пески гидроциклона и сгустителей поступают на шламовую флотацию, а измельчённая тяжёлая фракция - на коллективную свинцово-цинковую флотацию.

Аналогичные схемы применяют и на других обогатительных фабриках. Разница только в типах тяжелосредных сепараторов, средах, плотности суспензии, расходных коэффициентах и результатах разделения. За рубежом действует около 40 таких установок.

Особенностью технологии предварительного обогащения в тяжёлых суспензиях является наличие операции грохочения с отмывкой, предшествующей разделению. Эта операция предназначена для удаления шламов и трудноразделимых мелких частиц. Технологические схемы тяжелосредных отделений различных фабрик весьма схожи. Полиметаллические руды разделяются тяжелосредной сепарацией с весьма высокой эффективностью. Хвосты предварительного обогащения подчас не уступают по содержанию компонентов хвостам флотации. Предварительную концентрацию особенно целесообразно применять для бедных и забалансовых руд, а также для маломощных рудных тел и рудопроявлений со сложной конфигурацией [6].

На фабрике «Мехерних» (Германия) перерабатываются свинцовые сульфидно-окисленные руды, в которых соотношение церуссита и галенита колеблется от 1 : 2 до 2 : 1 при общем содержании свинца 1,2 %. Основным минералом пустой породы является кварц. Предварительное обогащение руды крупностью – 10 + 3 мм в тяжелой суспензии (плотностью 2,65 г/см³) позволяет выделить в легкую фракцию 40 % пустой породы, содержащей 0,21 % свинца. При этом содержание свинца в руде, поступающей на флотацию, повышается до 2 %. Кроме того, часть пустой породы, содержащей 0,2 % свинца, выделяется при обогащении на винтовых сепараторах.

Свинцовый концентрат содержит до 67 % свинца при извлечении его 76-77 %. Применение гравитационного обогащения исходной руды перед измельчением и флотацией позволило повысить извлечение свинца почти на 3 % и снизить расходы на обогащение 1 т руды на 36 % [7].

На обогатительной фабрике «Даули» (Марокко) предварительному обогащению в тяжелой суспензии подвергается руда, содержащая 10 % свинца в виде церуссита. Из тяжелой фракции флотируют галенит, а затем после сульфидизации сфалерит [7].

На фабрике «Людерих» (Германия) сульфидная свинцово-цинковая руда, содержащая 6,5 % цинка и 1,5 % свинца, а также лежалые хвосты концентрационных столов и отсадочных машин подвергаются промывке на двухдечном грохоте. Класс – 40 + 12 мм направляется на обогащение в тяжелой суспензии. В качестве утяжелителя применяется галенит. Тяжелая фракция направляется на двухстадиальное измельчение и флотацию. Выход легкой фракции с отвальным содержанием свинца и цинка составляет 33 % [7].

Акжалское месторождение было открыто в 1880 году, добыча руды началась в 1935 г. Полномасштабная добыча руды началась с разработки месторождения открытым способом и с пуском в 1951 году обогатительной фабрики на 600 тыс. тонн руды в год. Действующая сегодня обогатительная фабрика проектной мощностью 1,2 млн. тонн руды в год была построена в 1986 году. Для обогащения забалансовых руд в 2001 году построена установка обогащения методом сепарации в тяжелых средах. Месторождение представлено Центральным и Восточным карьерами, в настоящее время ведется разработка открытым способом только Центрального карьера.

Руда доставляется на фабрику в 40 и 55 тонных карьерных самосвалах и разгружается в приемный бункер корпуса дробления, где руда с помощью дробильно-сортировочного оборудования дробится до необходимой крупности и с помощью ленточных конвейеров доставляется в бункер дробленой руды в главный корпус, а при переработке забалансовой руды руда поступает на установку обогащения методом сепарации в тяжелых средах.

Забалансовая руда, поступившая на установку сепарации, подвергается разделению по удельному весу на тяжелую и легкую фракции. Легкая фракция направляется в отвал, тяжелая фракция, являясь обогащенным продуктом, подвергается дроблению и поступает в бункер дробленой руды главного корпуса.

В главном корпусе с добавлением воды руда измельчается в трех шаровых мельницах, работающих в замкнутом цикле со спиральными классификаторами, где разделение происходит по крупности. Недостаточно измельченная часть руды обезвоживается в спиральном классификаторе и возвращается в шаровую мельницу, а измельченная часть руды в разжиженном состоянии поступает на контрольную классификацию в гидравлических циклонах. Слив гидравлических циклонов, содержащих по крупности 65,0% класса 0,074 мм, поступает на селективную флотацию для получения флотационного свинцового и цинкового концентратов. Далее свинцовый и цинковый концентраты направляются для сгущения в отдельные сгустители. Сгущенный продукт со сгустителей подается насосами на барабанные вакуум-фильтры, где происходит обезвоживание концентратов до необходимой влажности. Отфильтрованные свинцовый и цинковый концентраты загружаются в металлические контейнеры емкостью до 4 тонн и доставляются на железнодорожную станцию [8].

Предварительная концентрация крупнодроблёной руды позволяет:

- выделить 30-70 % породных минералов и за счёт этого сократить затраты на последующее дробление, измельчение и обогащение значительно уменьшенного объёма руды, при этом одновременно повышается содержание полезных компонентов в 1,5-2,5 раза;
- вывести из процесса часть полезных минералов, например, свинца в виде крупнозернистого свинцового концентрата;
- разделить общую рудную массу на отдельные сорта, например, сплошные и вкрапленные, которые целесообразно перерабатывать по разным технологическим схемам;
- удалить из руды бетонную закладку в лёгкую фракцию перед флотацией [6].

Наиболее часто предварительная концентрация применяется для забалансовых руд, в случае большого разубоживания руд при их добыче, а также при значительных различиях в производительностях рудника и обогатительной фабрики. Широкое применение получил процесс обогащения в тяжёлых суспензиях.

Предварительная концентрация в тяжёлых суспензиях позволяет перерабатывать большие объёмы минерального сырья крупностью до 300 мм при незначительной разнице в плотностях разделяемых минералов (с точностью ± 3 кг/м³). Для разделения используют барабанные, конусные и другие сепараторы при крупности материала более 5-10 мм; более мелкий материал обогащают в гидроциклонах и центрифугах. В качестве утяжелителей для суспензий плотностью 2600-3000 кг/м³ применяют ферросилиций с добавками магнетитового и пирротинового концентратов (до 60 %), что позволяет получить устойчивую суспензию с хорошими реологическими свойствами. Применение вибраций, ультразвука, поверхностно-активных веществ улучшает структурные параметры суспензии. Экономичность обогащения в тяжёлых суспензиях определяется выходом лёгкой фракции и её использованием в качестве товарного продукта, а также зависит от эффективности узла регенерации тяжёлой суспензии. Типовая схема обогащения в тяжёлых суспензиях включает следующие аппараты: грохот, разбрызгиватели циклонного типа, барабанный или конусный сепаратор, вибрационные грохоты, конусы, насосы, сгуститель, магнитный сепаратор, спиральный классификатор, демагнетизатор, ленточный конвейер лёгкой фракции, ленточный конвейер тяжёлой фракции. Производительность установок для обогащения в тяжёлых суспензиях 10-750 т/ч, выход лёгкой фракции 20-70 %. Несмотря на то, что отделение обогащения в тяжёлых суспензиях считается высокозатратным, его эксплуатационные затраты в 3-5 раз меньше затрат на измельчение руды. Выход лёгкой фракции при отсадке несколько меньше, чем при тяжело-средней сепарации, поскольку точность разделения при отсадке несколько ниже.

Высокие показатели получают при обогащении свинцово-цинковых руд рентгенофлуоресцентным методом.

Испытания рентгенорадиометрической сепарации бедных, рядовых и забалансовых свинцово-цинковых руд месторождения «Учкулач», с которым связаны перспективы развития сырьевой базы для Алмалыкского ГМК, проведены на рентгенорадиометрических сепараторах «Интегра».

Полученные результаты указывают на целесообразность их предварительного обогащения рентгенорадиометрическим методом. С использованием рентгенорадиометрического метода можно получать товарные свинцовые концентраты [6].

При переработке коренных сульфидных свинцовых и свинцово-цинковых руд сталкиваются с проблемой эффективной переработки окисленных руд находящихся в вскрышных породах и окисленных частях месторождения.

Одним из месторождений РК является месторождение Ушкатын – III которое представлено свинцово-баритовыми и железо-марганцевыми участками [9]. Участок барито-свинцовых руд на месторождении представлен различными технологическими типами: окисленные свинцовые, окисленные свинцово-баритовые, смешанные свинцово-баритовые, сульфидные свинцово-баритовые, баритовые и пироморфитовые. Основная часть запасов месторождения представлена сульфидными рудами. В контуре месторождения доля окисленных руд, в общем балансе запасов, составляет около 30 %, срок их отработки менее 10 лет. Эти руды крайне неоднородны по составу и качеству и среднее извлечение свинца в концентраты, по результатам ранее выполненных технологических исследований, составляло 58,0 – 59,0 % [1].

Разработке технологии переработки окисленных свинцово-баритовых руд с получением черновых концентратов посвящена данная магистерская диссертация.

1.4 Анализ литературного обзора и постановка задач исследований

Проведенный анализ литературного обзора позволил сделать следующие выводы:

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

1. дробленые руды должны содержать минимальное количество шламов;

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

Выбранный нами объект исследования, участок окисленных свинцово-баритовые руд, месторождения Ушкатын – III, не отвечает выше перечисленным параметрам, а именно:

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

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

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

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

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

2 Методика исследований

2.1 Промывка и мокрый ситовой анализ руды

Для определения гранулометрического состава руды использовался набор сит КСМ (ГОСТ 9758-86) с размерами отверстий, мм: 60, 40, 20, 10, 5, 2,5, 1,25, 0,63, 0,315, 0,16, 0,10 и 0,071. Промывка дробленой руды осуществлялась путем перемешивания навески пробы руды с водой в соотношении Ж : Т = 4:1, в цилиндрической емкости с последующим рассевом и промывкой на ситах [10,11].

2.2 Седиментационный анализ

Гранулометрический состав тонких классов крупностью мельче 0,071 мм определялся седиментационным анализом, основанным на законе Стокса при падении частиц в воде, методом отмучивания. Отмучивание выполнялось в цилиндрической емкости высотой 250 мм и диаметром 300 мм [10,11].

2.3 Гравитационное обогащения

Для обогащения машинных классов крупностью 60 – 12 мм и 12 – 2,5 мм использовался лабораторный пульсатор с пневматическим приводом [12]. Частота пульсаций составила 55 – 70 колебаний в минуту, амплитуда колебаний 80 – 110 мм, цикл пульсаций синусоидальный (50 – 0 – 50), диаметр камеры 250 мм, размер отверстий решета – 2,0 мм, высота естественной постели 250 мм, расход подрешетной воды 4 - 6 м³ /т и удельная нагрузка 10 т/ч·м².

Для обогащения класса крупностью – 2,5 + 0,63 мм использовалась лабораторная 2-х камерная диафрагмовая отсадочная машина типа ОМЛ ЦНИГРИ, при удельной производительности 7 - 10 т/ч·м², частоте пульсаций 200 – 250 кол/мин, амплитуда колебаний 6 мм, высоте искусственной постели 40 – 60 мм, представленной свинцовым концентратом крупностью 8 – 15 мм, размер отверстий решета 6 мм, расход транспортной и подрешетной воды 3 м³ /т.

Обогащение класса крупностью 0,63 – 0,074 мм осуществлялось на концентрационном столе типа СКО – 0,5 завода «Труд».

Обогащение тонких классов (шламов) крупностью 0,074 – 0,0 мм осуществлялось на центробежном концентраторе с диаметром чаши 200 мм и числом оборотов 500 об/мин.

2.4 Выполнение химических анализов

Выполнение химических и пробирных анализов осуществлялось в специализированной и аттестованной физико-аналитической лаборатории РГП «НЦ КПМС РК». Свидетельство № 05/13 от 27. 02. 2013 г. Алматинский филиал АО «Национальный центр экспертизы и сертификации».

Выполнение минералогического, рентгенодифрактометрического, атомно-эмиссионного и рентгено-флуоресцентного анализов исходной руды осуществлялось в ТОО «Институт геологических наук им. К.И. Сатпаева».

3 Экспериментальная часть

3.1 Объект исследований

Исследованиям подвергнута технологическая проба окисленной свинцово-баритовой руды месторождения Ушкатын – III. Химический состав исходной руды приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав исходной руды

Массовая доля элементов, %									
Pb	Zn	Cu	Ag, г/т	BaSO ₄	Fe	Mn	S	Cd, г/т	SiO ₂
7,22	0,11	0,02	28,92	4,74	3,99	0,33	0,27	8,7	17,78

Результаты химического анализа показали, что содержание свинца в пробе руды составило 7,22 %. Содержание серебра составило 28,92 г/т. Основным сопутствующим минералом является барит с содержанием 4,5 % - 5,0 %.

Основным вмещающим минералом в руде является диоксид кремния с содержанием 17 %.

Также присутствует железо с содержанием 4 % - 6 % и в незначительных количествах присутствует марганец и сера.

Исследуемая руда была подвергнута проборазделки с отбором представительных проб для проведения технологических исследований

3.2 Изучение вещественного состава

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

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

Таблица 2 - Межплоскостные расстояния и фазовый состав пробы

<i>d, Å</i>	<i>I %</i>	<i>минерал</i>	<i>d, Å</i>	<i>I %</i>	<i>минерал</i>
10.01857	13.5	слюда	2.48563	20.7	-
4.42822	16.6	-	2.45545	17.9	-
4.25262	39.3	кварц	2.28014	14.8	-
3.58723	43.4	церуссит	2.23441	12.0	-
3.49202	34.8	галенит	2.12308	14.9	-
3.34231	100.0	-	2.08041	17.8	-
3.23882	15.1	КПШ	2.00514	11.6	-
3.07177	21.1	-	1.98009	16.2	-
3.02811	27.8	кальцит	1.93047	16.2	-
2.82773	13.5	-	1.90571	11.9	-
2.58931	16.7	-	1.81691	20.2	-
2.51986	14.9	-	1.63010	10.3	-

Таблица 3 - Результаты полуколичественного рентгенофазового анализа

<i>Минерал</i>	<i>Формула</i>	<i>Концентрация, %</i>
Quartz	SiO ₂	56.6
Calcite	Ca(CO ₃)	10.5
Barite	BaSO ₄	10.1
Muscovite	KAl ₂ (AlSi ₃ O ₁₀)(OH) ₂	7.7
Cerussite	PbCO ₃	7.6
Orthoclase	KAlSi ₃ 5O ₈	3.9
Galena	PbS	5.3

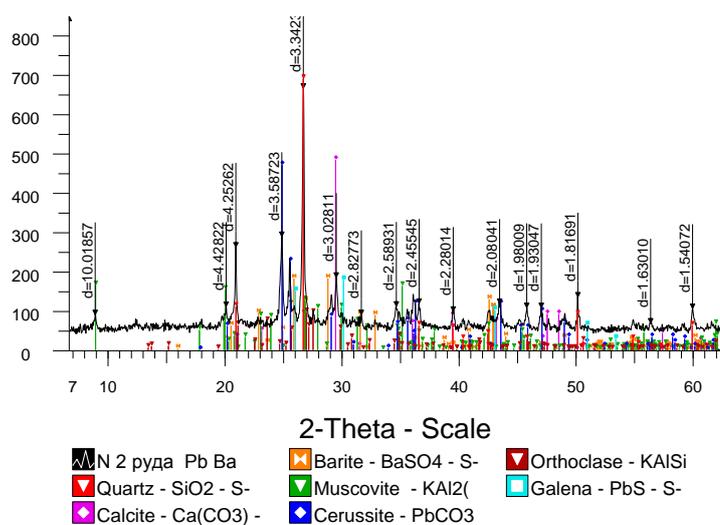


Рисунок 2 – Дифрактограмма пробы

Результаты атомно-эмиссионного полуколичественного спектрального анализа исходной руды приведены в таблице 4, а результаты рентгено-флуоресцентного анализа в таблице 5.

Таблица 4 - Результаты атомно-эмиссионного полуколичественного спектрального анализа

Элемент	Концентрация, %	Элемент	Концентрация, %
Au	<0,0005	Mo	0,0005
Ag	0,002	V	0,01
Ba	>1,0	Sr	0,15
Pb	≥1,0	Bi	<0,0005
Al	>1,0	Cd	<0,0005
Si	>>1,0	Li	<0,003
Fe	>1,0	La	0,003
Mg	>1,0	Ce	<0,01
Mn	0,3	Y	0,005
Ti	0,3	Yb	0,0005
Ca	>1,0	Zr	0,01
Na	0,5	Sc	0,0025
K	<1,0	Nb	<0,002
Cu	0,025	Ge	<0,0005
Zn	0,07	Ga	0,0025
Sn	<0,0003	W	<0,003
Cr	0,007	Tl	<0,0005
Ta	<0,02	Be	0,0005
As	<0,02	Te	<0,003
Sb	<0,005	Se	<0,1
Co	0,007	Hg	<0,005
Ni	0,02		

Таблица 5 – Результаты рентгено-флуоресцентного анализа исходной руды

Элемент	Концентрация, %	Элемент	Концентрация, %
O	52,818	Ti	0,274
F	0,144	Mn	0,369
Na	0,114	Fe	4,423
Mg	0,782	Co	0,015
Al	5,769	Ni	0,018
Si	21,494	Cu	0,017
P	0,070	Zn	0,110
S	0,441	Sr	0,043
Cl	0,043	Zr	0,009
K	2,116	Ba	2,314
Ca	3,417	Pb	5,199

Минералогическое описание рудных минералов

Макро: кварц-барит-церусситовая руда, сахаристая, выщелоченная, серовато-бурого цвета, средне-зернистая, в пустотках развиваются кристаллики церуссита с охристыми образованиями гидроокислов железа бурого цвета.

Микро: кварц-барит-церусситовая руда, текстура гнездово-вкрапленная, пятнистая; структура интерстициальная, замещения. Основные рудные минералы – церуссит, барит, галенит.

Галенит – составляет около 0,5 % от площади аншлифа, наблюдается в виде агрегатов неправильной формы с зазубренными краями, выполняющими межзерновые пространства между зернами кварца и барита, размером до 0,2 мм. либо представляет собой реликты в церуссите. Кое-где по галениту образуется сеточка ковеллина.

Церуссит – основной рудный минерал, составляет около 30 % (от площади аншлифа). Образуется в результате замещения галенита, размер зерен до 1,0 мм. Церуссит образует как аморфные гнездообразные скопления, так и идиоморфные кристаллики размером до 0,5 мм. В отраженном свете светло-серого цвета, анизотропный, внутренние рефлексии стеклянные с фиолетовым оттенком, реже белого и желтовато - серого цвета. Выполняет промежутки между зернами барита (рисунок 3).

По всей площади аншлифа наблюдается рассеянная вкрапленность идиоморфного пирита размером зерен 0,006 - 0,012 мм.

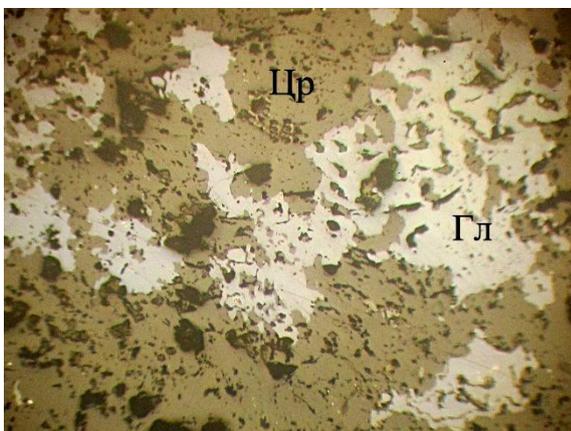


Рисунок 3 – Гнездообразные скопления ангедрального галенита, выполняющего межзерновые пространства между зернами церуссита, кварца и барита, ув.72

Результаты изучения вещественного состава окисленных свинцово-баритовых руд показали, что минеральный состав их представлен следующими минералами: основными рудными минералами являются церуссит ~ 7,6 %, галенит ~ 5,3, которые заполняют промежутки между зернами барита. Встречаются редкие зерна гидроксида железа и идиоморфного пирита. Нерудные минералы представлены кварцем ~ 56,6

%, кальцитом ~ 10,5 %, мусковитом ~ 7,7 % и ортоклазом ~ 3,9 %.

Минералогическим анализом установлено, что рудные минералы церуссит и галенит встречаются в зернах барита, который при крупности дробления 60 мм наблюдаются в раскрытом виде [1].

3.2.1 Выводы по изучению вещественного состава

На основании полученных результатов изучения вещественного состава можно сделать следующие выводы:

- минеральный состав представлен следующими минералами: основными рудными минералами являются церуссит ~ 7,6 %, галенит ~ 5,3, которые заполняют промежутки между зернами барита. Встречаются редкие зерна гидроксида железа и идиоморфного пирита. Нерудные минералы представлены кварцем ~ 56,6 %, кальцитом ~ 10,5 %, мусковитом ~ 7,7 % и ортоклазом ~ 3,9 %;

- минералогическим анализом установлено, что рудные минералы церуссит и галенит встречаются в зернах барита, который при крупности дробления 60 мм наблюдаются в раскрытом виде. Данный факт позволяет утверждать, что для обогащения окисленных свинцово-баритовых руд, возможно, применение гравитационных методов обогащения (отсадка, концентрация на столе, центробежная сепарация) для получения черновых концентратов [13];

3.3 Гранулометрический состав исследуемой пробы руды

Исследуемая руда представляла собой сплошную рыхлую массу. Крупность отдельных кусков руды в пробе составляла 80 – 100 мм, которые при сжатии разрушались.

3.3.1 Ситовой состав руды крупностью 60 – 0,071 мм

Мокрый ситовой анализ осуществлялся путем перемешивания навески руды в цилиндрической емкости объемом 15 литров, в течение 5 минут, при соотношении Ж : Т = 4 : 1, с последующим рассевом и промывкой каждого класса крупности на ситах.

Результаты мокрого отсева руды с распределением содержания свинца, серебра и барита по классам крупности приведены в таблицах 6, 7, 8 и 9.

Таблица 6 – Гранулометрический состав и характер распределения свинца по классам крупности

Классы крупности, мм	Выход, %		Содержание Pb, %		Извлечение Pb, %	
	частный	суммарный по (+)	частное	суммарное по (+)	частное	суммарное по (+)
– 60 + 40	2,72	2,72	0,12	0,12	0,04	0,04
– 40+20	3,23	5,95	7,69	4,22	3,40	3,44
– 20+12	2,60	8,55	11,04	6,30	3,93	7,37
– 12+5	3,59	12,14	13,46	8,42	6,63	14,0
– 5+2,5	2,20	14,34	14,64	9,37	4,41	18,41
– 2,5+1,25	3,74	18,08	12,95	10,11	6,64	25,05
– 1,25+0,63	5,33	23,41	12,38	10,63	9,05	34,10
– 0,63+0,315	4,95	28,36	14,15	11,24	9,59	43,69
– 0,315+0,16	5,26	33,62	16,04	11,99	11,57	55,26
– 0,16+0,071	5,54	39,16	15,04	12,42	11,40	66,66
– 0,071+0,0	60,84	100,0	4,0	7,30	33,34	100,0
Итого	100,0	-	7,30	-	100,0	-

Средневзвешенное содержание свинца в исследуемой пробе руды, по данным ситового анализа, составило 7,30 %.

Таблица 7 – Гранулометрический состав и характер распределения серебра по классам крупности

Классы крупности, мм	Выход, %		Содержание Ag, г/т		Извлечение Ag,%	
	частный	суммарный по (+)	частное	суммарное по (+)	частное	суммарное по (+)
– 60 + 40	2,72	2,72	2,30	2,30	0,18	0,18
– 40+20	3,23	5,95	44,70	25,29	4,31	4,49
– 20+12	2,60	8,55	46,42	31,72	3,62	8,11
– 12+5	3,59	12,14	64,82	41,52	6,98	15,09
– 5+2,5	2,20	14,34	71,50	46,11	4,71	19,80
– 2,5+1,25	3,74	18,08	65,30	50,08	7,32	27,12
– 1,25+0,63	5,33	23,41	53,90	50,95	8,61	35,73
– 0,63+0,315	4,95	28,36	56,60	51,94	8,39	44,12
– 0,315+0,16	5,26	33,62	64,10	53,84	10,11	54,23
– 0,16+0,071	5,54	39,16	47,40	52,93	7,86	62,09
– 0,071+0,0	60,84	100,00	20,80	33,38	37,91	100,0
Итого	100,0	-	33,38	-	100,0	-

Средневзвешенное содержание серебра в пробе руды 33,38 г/т.

Таблица 8 – Гранулометрический состав и характер распределения барита по классам крупности

Классы крупности, мм	Выход, %		Содержание BaSO ₄ , %		Извлечение BaSO ₄ , %	
	частный	суммарный по (+)	частное	суммарное по (+)	частное	суммарное по (+)
– 60 + 40	2,72	2,72	0,71	0,71	0,42	0,42
– 40+20	3,23	5,95	6,46	3,83	4,48	4,90
– 20+12	2,60	8,55	5,62	4,37	3,14	8,04
– 12+5	3,59	12,14	9,47	5,88	7,31	15,35
– 5+2,5	2,20	14,34	9,64	6,46	4,55	19,90
– 2,5+1,25	3,74	18,08	9,88	7,17	7,94	27,84
– 1,25+0,63	5,33	23,41	9,74	7,75	11,16	39,00
– 0,63+0,315	4,95	28,36	10,55	8,24	11,21	50,21
– 0,315+0,16	5,26	33,62	10,60	8,61	11,99	62,20
– 0,16+0,071	5,54	39,16	7,05	8,39	8,38	70,58
– 0,071+0,0	60,84	100,00	2,25	4,65	29,42	100,0
Итого	100,0	-	4,65	-	100,0	-

Средневзвешенное содержание барита в исследуемой пробе руды, по данным ситового анализа составило 4,65 %.

Таблица 9 – Гранулометрический состав и характер распределения свинца, барита и серебра по классам крупности

Классы крупности, мм	Выход, %	Содержание			Извлечение, %		
		свинца, %	серебра, г/т	барита, %	свинца	серебра	барита
– 60 + 40	2,72	0,12	2,30	0,71	0,04	0,18	0,42
– 40+20	3,23	7,69	44,7	6,46	3,40	4,31	4,48
– 20+12	2,60	11,04	46,42	5,62	3,93	3,62	3,14
– 12+5	3,59	13,46	64,82	9,47	6,63	6,98	7,31
– 5+2,5	2,20	14,64	71,50	9,64	4,41	4,71	4,55
– 2,5+1,25	3,74	12,95	65,30	9,88	6,64	7,32	7,94
– 1,25+0,63	5,33	12,38	53,90	9,74	9,05	8,61	11,16
– 0,63+0,315	4,95	14,15	56,60	10,55	9,59	8,39	11,21
– 0,315+0,16	5,26	16,04	64,10	10,60	11,57	10,11	11,99
– 0,16+0,071	5,54	15,04	47,40	7,05	11,40	7,86	8,38
– 0,071+0,0	60,84	4,00	20,80	2,25	33,34	37,91	29,42
Итого	100,0	7,30	33,38	4,65	100,0	100,0	100,0

На основании результатов, приведенных в таблицах 6 - 9 можно отметить следующее:

- после промывки исходной руды, выхода всех классов крупностью более 0,071 мм находятся в пределах 2 – 6 %. Суммарный выход классов крупностью – 60 + 0,071 мм составил 39,16 %, в том числе выход

класса крупностью – 60 + 12 мм составил 8,55 %, класса крупностью – 12 + 2,5 мм составил 5,79 %, класса – 2,5 + 0,63 мм составил 9,07 % и класса – 0,63 + 0,071 мм составил 15,75 %;

- выход класса крупностью – 0,071 + 0,0 мм составил 60,84 %, т. е. основная часть руды представлена тонкими шламистыми классами. Среднее содержание свинца в классе крупностью – 0,071 + 0,00 мм составило 4,0 % и в данный класс извлекается 33,34 % свинца. В этом классе крупности отмечается также присутствие значительного количества глинистой фракции;

- после промывки руды наблюдается неравномерное распределение свинца по классам крупности. В классах крупностью от 20 мм и до 0,071 мм происходит повышение содержания свинца практически в два раза по сравнению с исходным содержанием в руде и колеблется в пределах 11 % - 16 %;

- распределение содержаний серебра по классам крупности неравномерное. Во всех классах крупнее 0,071 мм содержание серебра в 1,5 – 2 раза превышает его содержание в руде и колеблется в интервале 44 – 71 г/т, т. е. в данных классах происходит его концентрация. Средневзвешенное содержание серебра в суммарном классе крупностью – 60 + 0,071 мм составило 52,93 г/т, при извлечении серебра 62,09 %. Остальное серебро находится в классе крупностью – 0,071 + 0,00 мм со средним содержанием 20,8 г/т;

- распределение содержаний барита по классам крупности крупнее 0,071 мм практически равномерное и колеблется в пределах 6 % - 10 %. Средневзвешенное содержание барита в классах крупностью – 60 + 0,071 мм составило 8,39 %, т. е. почти в два раза выше содержания в руде, а содержание барита в классе крупностью – 0,071 + 0,0 мм составило 2,25 %, т.е. понизилось относительно содержания в руде в два раза.

3.3.2 Ситовой состав руды крупностью 0,071 – 0,0 мм

Результаты мокрого ситового анализа показали, что в исследуемой руде содержится значительное количество тонкого (шламистого) класса крупностью – 0,071 + 0,0 мм, выход которого составил 60,84 % со средним содержанием свинца 4,0 %, серебра 20,8 г/т и барита 2,25 %, при извлечении свинца 33,34 %, серебра 37,91 % и барита 29,42 % соответственно.

Для определения гранулометрического состава и характера распределения металлов по классам крупности в классе – 0,071 + 0,0 мм, был выполнен седиментационный анализ методом отмучивания. *Для расчета конечных скоростей падения зерен разной крупности была принята удельная плотность класса крупностью – 0,071 + 0,0 мм равная 2,78 г/см³, которая определялась пикнометрическим методом.*

Результаты седиментационного анализа приведены в таблицах 10, 11, 12 и 13.

Таблица 10 – Гранулометрический состав класса – 0,071 + 0,0 мм и характер распределения свинца по классам крупности ($\delta = 2,78 \text{ г/см}^3$)

Классы крупности, мм	Выход, %		Содержание Pb, %		Извлечение Pb, %	
	частный	суммарный по (+)	частное	суммарное по (+)	частное	суммарное по (+)
-0,071+0,040	4,26	4,26	20,27	20,27	11,83	11,83
-0,040 +0,030	4,26	8,52	12,33	16,30	7,20	19,03
-0,030 +0,020	6,69	15,21	3,82	10,81	3,50	22,53
-0,020 +0,010	15,51	30,72	2,40	6,56	5,09	27,62
-0,010 +0,005	23,12	53,84	1,42	4,36	4,48	32,10
-0,005 + 0,00	7,00	60,84	1,31	4,00	1,24	33,34
Итого	60,84	-	4,00	-	33,34	-
Руда	100,0	-	7,30	-	-	-

Анализ результатов, приведенных в таблице 10 показывает, что в классе крупностью 0,071 - 0,040 мм содержание свинца составило 20,27 %, т.е. повысилось относительно содержания в руде в 2,78 раза, а относительно содержания в классе 0,071 - 0,040 мм в 5,06 раза. Выход данного класса крупности составил 4,26 %, при извлечении свинца 11,83 %.

Общий выход класса крупностью 0,071 - 0,030 мм составил 8,52 % со средним содержанием свинца 16,30 % и извлечением свинца 19,03 %.

Наиболее бедными по содержанию свинцу являются классы крупностью мельче 0,020 мм.

Таблица 11 – Гранулометрический состав класса – 0,074 + 0,0 мм и характер распределения серебра по классам крупности ($\delta = 2,78 \text{ г/см}^3$)

Классы крупности, мм	Выход, %		Содержание Ag, г/т		Извлечение Ag, %	
	частный	суммарный по (+)	частное	суммарное по (+)	частное	суммарное по (+)
-0,071+0,040	4,26	4,26	58,70	58,70	7,50	7,50
-0,040+0,030	4,26	8,52	38,56	48,63	4,92	12,42
-0,030+0,020	6,69	15,21	28,30	39,69	5,67	18,09
-0,020+0,010	15,51	30,72	20,00	29,75	9,29	27,38
-0,010+0,005	23,12	53,84	13,30	22,68	9,21	36,59
-0,005+0,00	7,00	60,84	6,30	20,80	1,32	37,91
Итого	60,84	-	20,80	-	37,91	-
Руда	100	-	33,38	-	-	-

Анализ результатов исследований приведенный в таблице 11 показывает, что в классе крупностью 0,071 - 0,040 мм содержание серебра повысилось относительно содержания в руде в 1,76 раза, а относительно содержания в классе 0,071 - 0,040 мм в 2,82 раза. Выход данного класса крупности составил 4,26 %, при извлечении серебра 7,50 %.

Общий выход класса крупностью 0,071 - 0,030 мм составил 8,52 % со средним содержанием серебра 48,63 г/т и извлечением серебра 12,42 %.

Наиболее бедными по содержанию свинцу являются классы крупностью мельче 0,020 мм.

Таблица 12 – Гранулометрический состав класса – 0,074 + 0,0 мм и характер распределения барита по классам крупности ($\delta = 2,78 \text{ г/см}^3$)

Классы крупности, мм	Выход, %		Содержание BaSO ₄ , %		Извлечение BaSO ₄ , %	
	частный	суммарный по (+)	частное	суммарное по (+)	частное	суммарное по (+)
-0,071+0,040	4,26	4,26	5,26	5,26	4,82	4,82
-0,040+0,030	4,26	8,52	3,48	4,37	3,19	8,01
-0,030+0,020	6,69	15,21	2,30	3,46	3,31	11,32
-0,020+0,010	15,51	30,72	2,12	2,78	7,07	18,39
-0,010+0,005	23,12	53,84	1,85	2,38	9,20	27,59
-0,005+0,00	7,00	60,84	1,23	2,25	1,83	29,42
Итого	60,84	-	2,25	-	29,42	-
Руда	100	-	4,65	-	-	-

Анализ результатов исследований приведенный в таблице 12 показывает, что в классе крупностью 0,071 - 0,040 мм содержание барита относительно содержания в руде возросло в 1,13 раза, а относительно содержания в классе 0,074 - 0,00 мм в 2,33 раза. Выход данного класса крупности составил 4,26 %, при извлечении барита 4,82 %.

Общий выход класса крупностью 0,071 - 0,030 мм составил 8,52 % со средним содержанием барита 4,37 % и извлечением барита 8,01 %.

Наиболее бедными по содержанию свинцу являются классы крупностью мельче 0,020 мм.

Таблица 13 – Гранулометрический состав класса – 0,074 + 0,0 мм и характер распределения свинца, серебра и барита по классам крупности ($\delta = 2,78 \text{ г/см}^3$)

Классы крупности, мм	Выход, %	Содержание			Извлечение, %		
		свинца, %	серебра, г/г	барита, %	свинца	серебра	барита
-0,074 + 0,040	4,26	20,27	58,7	5,26	11,83	7,50	4,82
-0,040 + 0,030	4,26	12,33	38,56	3,48	7,20	4,92	3,19
-0,030 + 0,020	6,69	3,82	28,3	2,30	3,50	5,67	3,31
-0,020 + 0,010	15,51	2,4	20,0	2,12	5,09	9,29	7,07
-0,010 + 0,005	23,12	1,42	13,30	1,85	4,48	9,21	9,20
-0,005 + 0,00	7,00	1,31	6,30	1,23	1,24	1,32	1,83
Итого	60,84	4,0	20,80	2,25	33,34	37,91	29,42
Руда	100,0	7,30	33,38	4,65	-	-	-

3.3.3 Ситовой состав руды крупностью 60 – 0,0 мм

Полный гранулометрический состав исходной руды приведен в таблице 14.

Таблица 14 – Результаты полного гранулометрического состава руды

Классы крупности, мм	Выход, %	Содержание			Извлечение, %		
		свинца, %	серебра, г/г	барита, %	свинца	серебра	барита
60 - 40	2,72	0,12	2,30	0,71	0,04	0,18	0,42
40 - 20	3,23	7,69	44,70	6,46	3,40	4,31	4,48
20 - 12	2,60	11,04	46,42	5,62	3,93	3,62	3,14
12 - 5	3,59	13,46	64,82	9,47	6,63	6,98	7,31
5 - 2,5	2,20	14,64	71,50	9,64	4,41	4,71	4,55
2,5 - 1,25	3,74	12,95	65,30	9,88	6,64	7,32	7,94
1,25 - 0,63	5,33	12,38	53,90	9,74	9,05	8,61	11,16
0,63 - 0,315	4,95	14,15	56,60	10,55	9,59	8,39	11,21
0,315 - 0,16	5,26	16,04	64,10	10,60	11,57	10,11	11,99
0,16 - 0,071	5,54	15,04	47,40	7,05	11,40	7,86	8,38
0,074 - 0,040	4,26	20,27	58,70	5,26	11,83	7,50	4,82
0,040 - 0,030	4,26	12,33	38,56	3,48	7,20	4,92	3,19
0,030 - 0,020	6,69	3,82	28,30	2,30	3,50	5,67	3,31
0,020 - 0,010	15,51	2,40	20,00	2,12	5,09	9,29	7,07
0,010 - 0,005	23,12	1,42	13,30	1,85	4,48	9,21	9,20
0,005 - 0,00	7,00	1,31	6,30	1,23	1,24	1,32	1,83
Руда	100,0	7,30	33,38	4,65	100,0	100,0	100,0

3.3.4 Выводы

По результатам, полученным в результате промывки и изучения гранулометрического состава руды, дробленной до 60 мм, можно сделать следующие основные выводы:

- средневзвешенное содержание свинца, серебра и барита, в пробе руды, поступившей на исследование, составило 7,30 %, 33,38 г/т и 4,65 % соответственно;

- руда, поступившая на исследование, содержит значительное количество мелких и тонких классов. Так, выход класса крупностью – 0,63 + 0,0 мм составил 76,59 % со средним содержанием свинца 6,28 %, серебра 28,01 г/т и барита 3,70 %, при извлечении свинца 65,90 %, серебра 64,27 % и барита 61,0 % соответственно.

- выход класса крупностью – 0,071 + 0,0 мм составил 60,84 % со средним содержанием свинца 4,0 %, серебра 20,8 г/т и барита 2,25 %, при извлечении свинца 33,34 %, серебра 37,91 % и барита 29,42 % соответственно;

- в результате промывки руды и последующей ее классификации на классы крупности, происходит повышение содержания свинца в классах крупностью 20 мм - 0,071 мм практически в два раза по сравнению с исходным содержанием в руде и колеблется в пределах 11 % - 16 %;

- в результате промывки руды и последующей ее классификацией на классы крупности, происходит повышение содержания серебра и барита в классах крупностью 20 мм - 0,071 мм в 1,5 - 2 раза, по сравнению с исходным их содержанием в руде;

- в классе крупностью 0,071 - 0,040 мм содержание свинца составило 20,27 %, при выходе данного класса крупности 4,26 % и извлечении свинца 11,83 %;

- общий выход класса крупностью 0,074 - 0,030 мм составил 8,52 % со средним содержанием свинца 16,30 % и извлечением свинца 19,03 %;

- наиболее бедными по содержанию свинца, серебра и барита являются классы крупностью мельче 0,020 мм (20 микрон);

- выход классов крупностью – 0,020 + 0,010 мм, – 0,010 + 0,005 мм и – 0,005 + 0,00 мм составил 15,51 %, 23,12 % и 7,0 % соответственно. Общий выход класса крупностью – 0,020 + 0,00 мм составил 45,63 % при среднем содержании свинца 1,73 %, серебра 14,50 г/т и барита 1,84 % и извлечении свинца 10,81 %, серебра 19,82 % и барита 18,10 %. Данные результаты показывают, что практически половина руды представлена классом крупностью менее 20 микрон, для обогащения которого необходимо использовать аппараты, осуществляющие разделение минералов в центробежном поле сил;

- по результатам исследования гранулометрического состава руды можно констатировать, что в исследуемой руде отмечается присутствие значительного количества цементирующего глинистого

вещества, которое сильно сцепляет рудные зерна и, соответственно, для их размыва требуется интенсивная и длительная дезинтеграция;

- окисленную свинцово-баритовую руду месторождения Ушкатын – III по промывистости можно отнести к категории труднопромывистых руд.

3.4 Обогащение руды с использованием гравитационных процессов

Гравитационному обогащению подвергались следующие продукты:

- машинный класс крупностью – 60 + 12,0 мм – отсадкой;
- машинный класс крупностью – 12 + 2,5 мм – отсадкой;
- машинный класс крупностью – 2,5 + 0,63 мм – отсадкой;
- машинный класс крупностью – 0,63 + 0,071 мм – на концентрации на столе;
- машинный класс крупностью – 0,071 + 0,00 мм – на центробежном концентраторе;

3.4.1 Отсадка класса крупностью – 60 + 12 мм

При отсадке класса крупностью 60 – 12 мм осуществлялась последовательность операций отсадки согласно условиям его обогащения в трехкамерной отсадочной машине. Отсадка осуществлялась при следующих параметрах: частота пульсаций 56 кол/мин, амплитуда колебаний 100 – 110 мм, цикл пульсаций синусоидальный (50 – 0 – 50), высота естественной постели 250 мм, размер отверстий решета 2,0 мм, удельная производительность 10 т/час · м², расход воды 5 м³/т.

Результаты отсадки класса крупностью – 60 + 12,0 мм приведены в таблицах 15 и 16, а схема отсадки на рисунке 4.

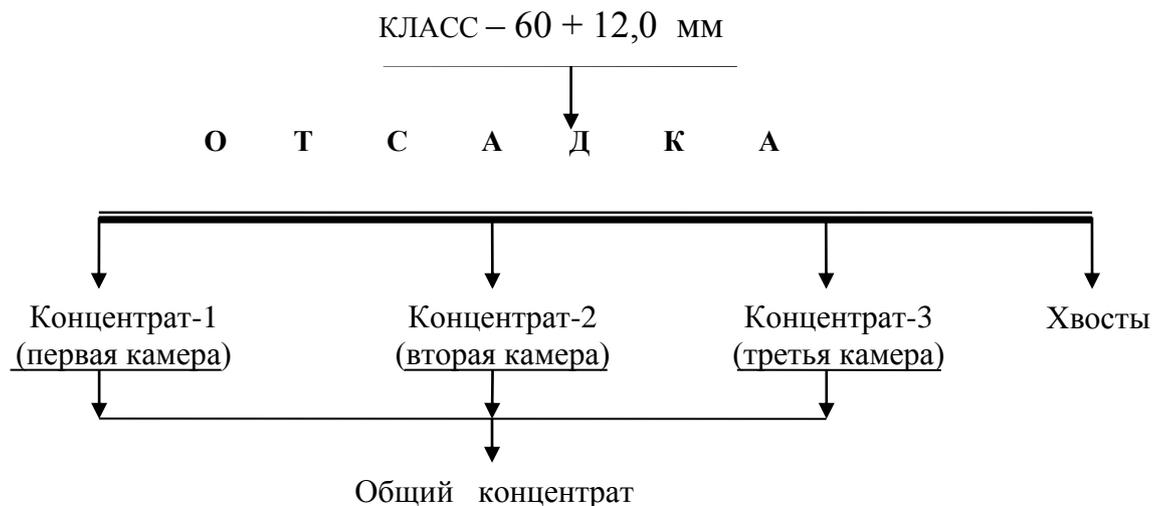


Рисунок 4 – Схема отсадки класса – 60 + 12,0 мм

Таблица 15– Результаты отсадки класса крупностью – 60 + 12,0 мм (вариант 1)

Продукты	Выход, % от		Содержание			Извлечение Pb, % от		Извлечение Ag, % от		Извлечение Ba SO ₄ , % от	
	класса	руды	Pb,%	Ag, г/т	BaSO ₄ , %	класса	руды	класса	руды	класса	руды
Концентрат	20,70	1,77	35,0	142,7	23,72	94,56	8,47	85,53	7,57	78,86	10,69
Хвосты	79,30	6,78	0,52	6,30	1,66	5,44	0,49	14,47	1,28	21,14	2,87
Класс 60-12 мм	100,0	8,55	7,66	34,54	6,23	100,0	8,96	100,0	8,85	100,	1356
Руда	-	-	7,31	33,38	3,93	-	-	-	-	-	-

Таблица 16– Результаты отсадки класса крупностью – 60 + 12,0 мм (вариант 2)

Продукты	Выход, % от		Содержание			Извлечение Pb, % от		Извлечение Ag, % от		Извлечение Ba SO ₄ , % от	
	класса	руды	Pb,%	Ag, г/т	BaSO ₄ , %	класса	руды	класса	руды	класса	руды
Концентрат	37,78	3,23	19,49	80,10	14,42	96,08	8,61	87,61	7,75	87,50	11,86
Хвосты	62,22	5,32	0,48	6,88	1,26	3,92	0,35	12,39	1,10	12,50	1,70
Класс 60-12 мм	100,0	8,55	7,66	34,54	6,23	100,0	8,96	100,0	8,85	100,0	13,56
Руда	-	-	7,31	33,38	3,93	-	-	-	-	-	-

Результаты исследований, приведенные в таблице 15, показывают, что при отсадке машинного класса крупностью – 60 + 12,0 мм возможно получение концентрата выходом 1,77 % от руды (20,70 % от класса), с содержанием свинца 35,0 %, серебра 142,7 г/т и барита 23,72 % и извлечением свинца 8,47 % от руды (94,56 % от класса), серебра 7,75 % от руды (87,61 % от класса) и барита 10,69 % от руды (78,86 % от класса). При получении концентрата выходом 3,23 % от руды (37,78 % от класса) содержание свинца в нем составит 19,49 %, серебра 80,10 г/т и барита 14,42 % и извлечением свинца 8,61% от руды (96,08 % от класса), серебра 7,75 % от руды (87,61 % от класса) и барита 11,86 % от руды (87,50 % от класса, таблица 16. Одновременно выделяются хвосты выходом 5,32 % от руды (62,22 % от класса) с содержанием свинца 0,48 %, серебра 6,88 г/т и барита 1,26 % и извлечением свинца 0,35 % от руды (3,92 % от класса), серебра 1,10 % от руды (12,39 % от класса) и барита 1,70 % от руды (12,50 % от класса).

3.4.2 Отсадка класса крупностью – 12 + 2,5 мм

При отсадке класса крупностью 12 – 2,5 мм осуществлялась последовательность операций отсадки согласно условиям его обогащения в трехкамерной отсадочной машине. Отсадка осуществлялась при следующих параметрах: частота пульсаций 65 кол/мин, амплитуда колебаний 90 – 110 мм, высота естественной постели 250 мм, размер отверстий решета 2,0 мм, удельная производительность 10 т/час · м², расход подрешетной воды 5 м³/т.

Результаты отсадки класса крупностью – 12 + 2,5 мм приведены в таблице 17,18, 19 и 20, а схема отсадки на рисунке 5.

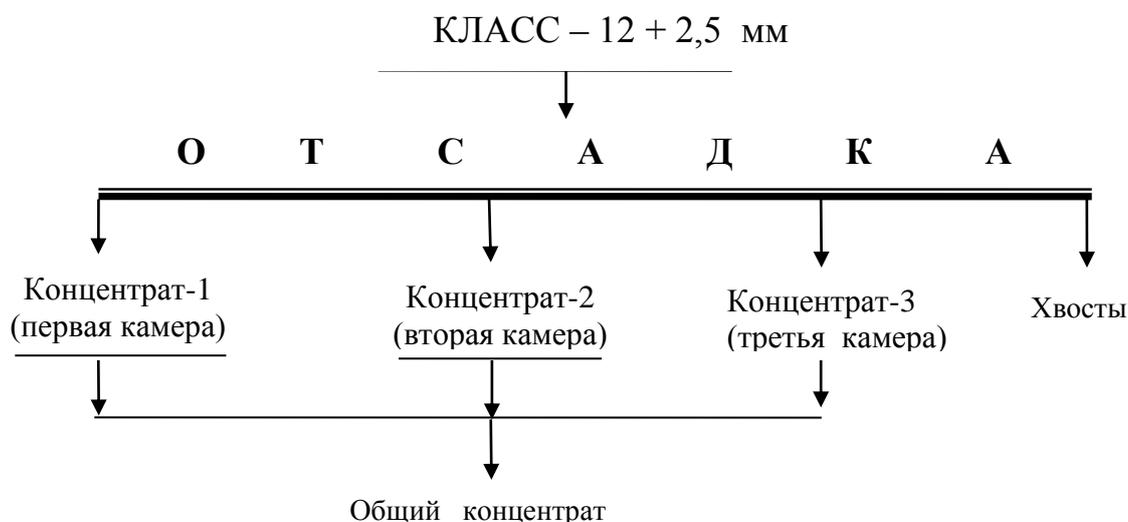


Рисунок 5 – Схема отсадки класса – 12 + 2,5 мм

Таблица 17 – Результаты отсадки класса крупностью – 12 + 2,5 мм (вариант 1)

Продукты	Выход, % от		Содержание			Извлечение Pb, % от		Извлечение Ag, % от		Извлечение Ba SO ₄ , % от	
	класса	руды	Pb, %	Ag, г/т	BaSO ₄ , %	класса	руды	класса	руды	класса	руды
Концентрат	27,64	1,60	42,93	173,65	29,41	94,50	9,39	80,39	8,33	86,66	11,99
Хвосты	72,36	4,19	0,95	16,17	1,73	5,50	0,55	19,61	2,02	13,34	1,84
Класс 12-2,5 мм	100,0	5,79	12,55	59,69	9,38	100,0	9,94	100	10,35	100	13,83
Руда	-	-	7,31	33,38	3,93	-	-	-	-	-	-

Таблица 18 – Результаты отсадки класса крупностью – 12 + 2,5 мм (вариант 2)

Продукты	Выход, % от		Содержание			Извлечение Pb, % от		Извлечение Ag, % от		Извлечение Ba SO ₄ , % от	
	класса	руды	Pb, %	Ag, г/т	BaSO ₄ , %	класса	руды	класса	руды	класса	руды
Концентрат	38,0	2,20	32,07	132,35	23,45	97,08	9,65	84,24	8,73	94,99	13,14
Хвосты	62,0	3,59	0,59	15,16	0,76	2,92	0,29	15,76	1,62	5,01	0,69
Класс 12-2,5 мм	100,0	5,79	12,55	59,69	9,38	100,0	9,94	100,0	10,35	100,0	13,83
Руда	-	-	7,31	33,38	3,93	-	-	-	-	-	-

Таблица 19 – Результаты отсадки класса крупностью – 12 + 2,5 мм (вариант 3)

Продукты	Выход, % от		Содержание			Извлечение Pb, % от		Извлечение Ag, % от		Извлечение Ba SO ₄ , % от	
	класса	руды	Pb, %	Ag, г/т	BaSO ₄ , %	класса	руды	класса	руды	класса	руды
Концентрат	46,29	2,68	26,45	110,68	19,44	97,53	9,69	85,82	8,89	95,94	13,27
Хвосты	53,71	3,11	0,57	15,75	0,71	2,47	0,25	14,18	1,46	4,06	0,56
Класс 12-2,5 мм	100,0	5,79	12,55	59,69	9,38	100,0	9,94	100,0	10,35	100,0	13,83
Руда	-	-	7,31	33,38	3,93	-	-	-	-	-	-

Таблица 20 – Результаты отсадки класса крупностью – 12 + 2,5 мм (вариант 4)

Продукты	Выход, % от		Содержание			Извлечение Pb, % от		Извлечение Ag, % от		Извлечение Ba SO ₄ , % от	
	класса	руды	Pb, %	Ag, г/т	BaSO ₄ , %	класса	руды	класса	руды	класса	руды
Концентрат	60,10	3,48	20,50	88,91	15,13	98,17	9,75	89,52	9,27	96,99	13,41
Хвосты	39,90	2,31	0,57	15,66	0,71	1,83	0,19	10,48	1,08	3,01	0,42
Класс 12-2,5 мм	100,0	5,79	12,55	59,69	9,38	100,0	9,94	100,0	10,35	100,0	13,83
Руда	-	-	7,31	33,38	3,93	-	-	-	-	-	-

Результаты исследований, приведенные в таблице 16 (вариант1), показывают, что при отсадке машинного класса крупностью – 12 + 2,5 мм возможно получение концентрата с содержанием свинца 42,93 %, при выходе концентрата 1,60 % от руды (27,64 % от класса) и извлечении свинца 9,39 % от руды (94,50 % от класса).

Наибольшее извлечение свинца равное 9,75 % от руды (98,17 % от класса) достигается при выходе концентрата 3,48 % от руды (60,10 % от класса) и содержании свинца в концентрате 20,50 %, серебра 88,91 г/т и барита 15,13 %, таблица 19. При этом одновременно выделяются хвосты выходом 2,31 % от руды (39,90 % от класса), с содержанием свинца 0,57 %, серебра 15,66 г/т и барита 0,71 % и извлечением свинца 0,19 % от руды (1,83 % от класса), серебра 1,08 % от руды (10,48 % от класса) и барита 0,42 % от руды (3,01 % от класса).

3.4.3 Отсадка класса крупностью – 2,5 + 0,63 мм

Обогащение класса крупностью – 2,5 + 0,63 мм осуществлялось в лабораторной 2-х камерной диафрагмовой отсадочной машине с искусственной постелью, при удельной производительности 8 т/ч·м², частоте пульсаций 220 – 250 кол/мин, амплитуда колебаний 6 мм, высоте искусственной постели 40 – 60 мм представленной свинцовым концентратом крупностью 8 – 15 мм, размер отверстий решета – 6 мм, расход транспортной и подрешетной воды составил 3 м³/т.

Результаты отсадки класса крупностью – 2,5 + 0,63 мм приведены в таблице 21, 22, 23 и 24, а схема отсадки на рисунке 6.

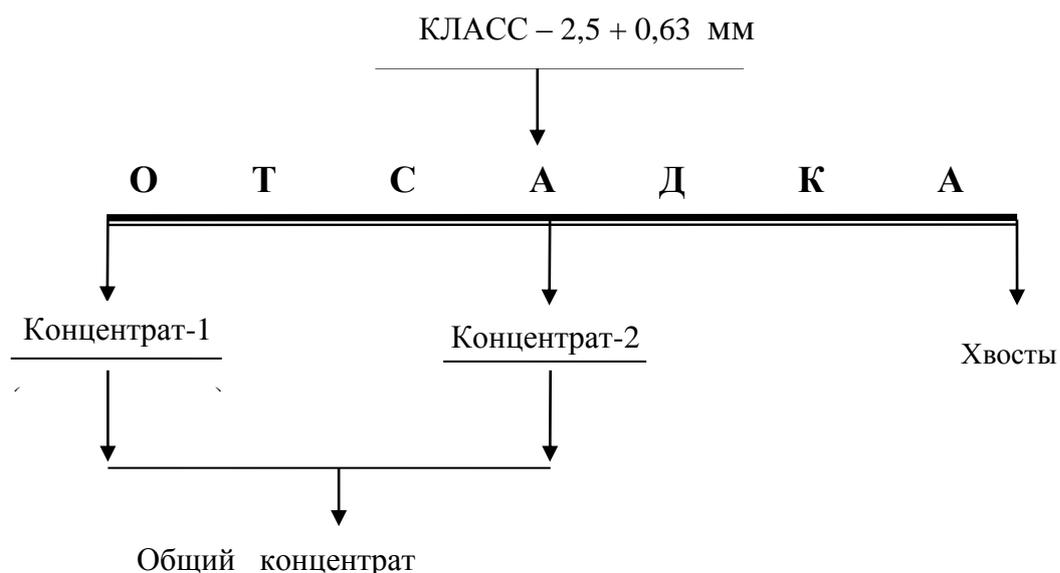


Рисунок 6 – Схема отсадки класса – 2,5 + 0,63 мм

Таблица 21 – Результаты отсадки класса крупностью – 2,5 + 0,0 мм (вариант 1)

Продукты	Выход, % от		Содержание			Извлечение Pb, % от		Извлечение Ag, % от		Извлечение Ba SO ₄ , % от	
	класса	руды	Pb, %	Ag, г/т	BaSO ₄ , %	класса	руды	класса	руды	класса	руды
Концентрат	24,81	2,25	42,65	119,56	28,68	90,15	13,12	65,09	8,06	77,86	16,44
Хвосты	75,19	6,82	1,53	21,15	2,69	9,85	1,43	34,91	4,32	22,14	4,67
Класс 2,5-0,63 мм	100,0	9,07	11,73	45,56	9,14	100,0	14,55	100,0	12,38	100,0	21,11
Руда	-	-	7,31	33,38	3,93	-	-	-	-	-	-

Таблица 22 – Результаты отсадки класса крупностью – 2,5 + 0,63 мм (вариант 2)

Продукты	Выход, % от		Содержание			Извлечение Pb, % от		Извлечение Ag, % от		Извлечение Ba SO ₄ , % от	
	класса	руды	Pb, %	Ag, г/т	BaSO ₄ , %	класса	руды	класса	руды	класса	руды
Концентрат	29,10	2,64	36,76	105,04	25,64	91,17	13,27	67,12	8,31	81,71	17,25
Хвосты	70,90	6,43	1,45	21,14	2,37	8,83	1,28	32,88	4,07	18,29	3,86
Класс 2,5-0,63 мм	100,0	9,07	11,73	45,56	9,14	100,0	14,55	100	12,38	100,0	21,11
Руда	-	-	7,31	33,38	3,93	-	-	-	-	-	-

Таблица 23 – Результаты отсадки класса крупностью – 2,5 + 0,63 мм (вариант3)

Продукты	Выход, % от		Содержание			Извлечение Pb, % от		Извлечение Ag, % от		Извлечение Ba SO ₄ , % от	
	класса	руды	Pb, %	Ag, г/т	BaSO ₄ , %	класса	руды	класса	руды	класса	руды
Концентрат	33,30	3,02	32,31	94,37	22,78	91,69	13,35	68,97	8,54	83,03	17,53
Хвосты	66,70	6,05	1,46	21,20	2,33	8,31	1,20	31,03	3,84	16,97	3,58
Класс 2,5-0,63 мм	100,0	9,07	11,73	45,56	9,14	100,0	14,55	100,0	12,38	100,0	21,11
Руда	-	-	7,31	33,38	3,93	-	-	-	-	-	-

Таблица 24 – Результаты отсадки класса крупностью – 2,5 + 0,63 мм (вариант 4)

Продукты	Выход, % от		Содержание			Извлечение Pb, % от		Извлечение Ag, % от		Извлечение Ba SO ₄ , % от	
	класса	руды	Pb, %	Ag, г/т	BaSO ₄ , %	класса	руды	класса	руды	класса	руды
Концентрат	53,70	4,87	20,59	66,57	15,01	94,23	13,72	78,46	9,71	88,23	18,63
Хвосты	46,30	4,20	1,46	21,19	2,33	5,77	0,83	21,54	2,67	11,77	2,48
Класс 2,5-0,63 мм	100,0	9,07	11,73	45,56	9,14	100,0	14,55	100,0	12,38	100,0	21,11
Руда	-	-	7,31	33,38	3,93	-	-	-	-	-	-

Результаты исследований, приведенные в таблице 20 - 23, показывают, что при отсадке машинного класса крупностью – 2,5 + 0,63 мм возможно получение концентратов отсадки с содержанием свинца в пределах 45 % - 20 %.

Наибольшее извлечение свинца достигается при выходе концентрата отсадки 4,87 % от руды (53,70 % от класса) и содержании свинца в концентрате 20,59 %, серебра 66,57 г/т и барита 15,01 %, при извлечении свинца 13,72 % от руды (94,23 % от класса), серебра 9,71 % от руды (78,46 % от класса) и барита 18,63 % от руды (88,23 % от класса), таблица 23. При этом выделяются хвосты выходом 4,20 % от руды (46,30 % от класса) с содержанием свинца 1,46 %, серебра 21,19 г/т и барита 2,33 % и извлечением свинца 0,83 % от руды (5,77 % от класса), серебра 2,67 % от руды (21,54 % от класса) и барита 2,48 % от руды (11,77 % от класса).

3.4.4 Обогащение класса крупностью – 0,63 + 0,071 мм на концентрационном столе

Обогащение класса крупностью – 0,63 + 0,071 мм осуществлялось на концентрационном столе типа СКО – 0,5 завода «Труд» при амплитуде колебаний 14 мм, частоте 350 кол/мин и удельной производительности 0,25 т/ч м² [2,3]. Результаты обогащения класса крупностью – 0,63 + 0,071 мм приведены в таблице 25, 26, 27 и 28, а схема концентрации на рисунке 7.

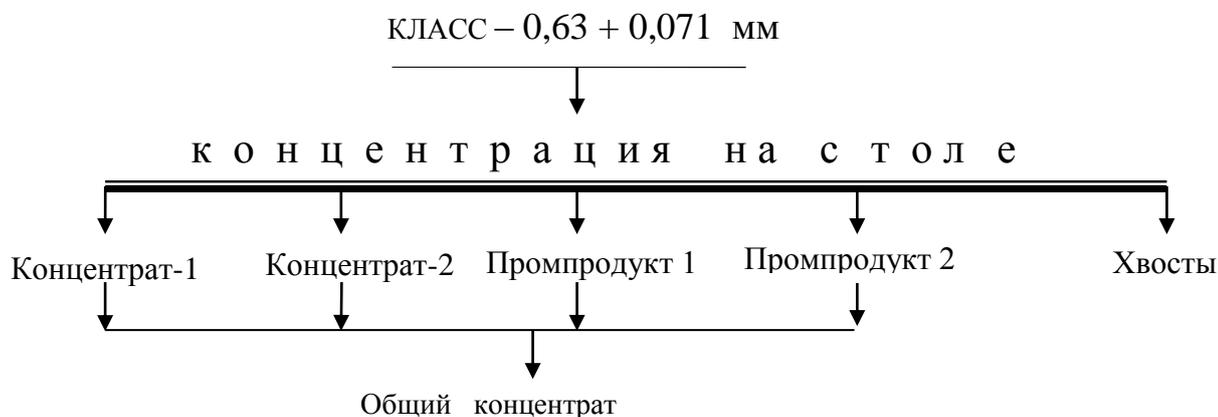


Рисунок 7 – Схема обогащения класса – 0,63 + 0,071 мм

Таблица 25 – Результаты обогащения класса крупностью – 0,63 + 0,071 мм (вариант 1)

Продукты	Выход, % от		Содержание			Извлечение Pb, % от		Извлечение Ag, % от		Извлечение Ba SO ₄ , % от	
	класса	руды	Pb, %	Ag, г/т	BaSO ₄ , %	класса	руды	класса	руды	класса	руды
Концентрат	37,97	5,98	40,02	150,02	10,70	98,32	32,72	88,10	26,88	98,00	16,3
Хвосты	62,03	9,77	0,41	12,42	0,14	1,68	0,56	11,90	3,63	2,00	0,33
Класс 0,63-0,071 мм	100,0	15,75	15,46	64,7	4,15	100,0	33,28	100,0	30,51	100,0	16,63
Руда	-	-	7,31	33,38	3,93	-	-	-	-	-	-

Таблица 26 – Результаты обогащения класса крупностью – 0,63 + 0,071 мм (вариант 2)

Продукты	Выход, % от		Содержание			Извлечение Pb, % от		Извлечение Ag, % от		Извлечение Ba SO ₄ , % от	
	класса	руды	Pb, %	Ag, г/т	BaSO ₄ , %	класса	руды	класса	руды	класса	руды
Концентрат	41,71	6,57	36,62	138,71	9,75	98,85	32,9	89,49	27,31	98,14	16,32
Хвосты	58,29	9,18	0,30	11,67	0,14	1,15	0,38	10,51	3,20	1,86	0,31
Класс 0,63-0,071 мм	100,0	15,75	15,46	64,7	4,15	100,0	33,28	100,0	30,51	100,0	16,63
Руда	-	-	7,31	33,38	3,93	-	-	-	-	-	-

Таблица 27 – Результаты обогащения класса крупностью – 0,63 + 0,071 мм (вариант 3)

Продукты	Выход, % от		Содержание			Извлечение Pb, % от		Извлечение Ag, % от		Извлечение Ba SO ₄ , % от	
	класса	руды	Pb, %	Ag, г/т	BaSO ₄ , %	класса	руды	класса	руды	класса	руды
Концентрат	56,19	8,85	27,34	108,16	7,32	99,4	33,08	93,99	28,68	99,15	16,49
Хвосты	43,81	6,90	0,20	8,88	0,08	0,60	0,20	6,01	1,83	0,85	0,14
Класс 0,63-0,071 мм	100,0	15,75	15,46	64,7	4,15	100,0	33,28	100,0	30,51	100,0	16,63
Руда	-	-	7,31	33,38	3,93	-	-	-	-	-	-

Таблица 28 – Результаты обогащения класса крупностью – 0,63 + 0,071 мм (вариант 4)

Продукты	Выход, % от		Содержание, %			Извлечение Pb, % от		Извлечение Ag, % от		Извлечение Ba SO ₄ , % от	
	класса	руды	Pb, %	Ag, г/т	BaSO ₄ , %	класса	руды	класса	руды	класса	руды
Концентрат	75,55	11,90	20,39	82,71	5,46	99,66	33,17	96,65	29,49	99,52	16,55
Хвосты	24,45	3,85	0,19	8,87	0,08	0,34	0,11	3,35	1,02	0,48	0,08
Класс 0,63-0,071 мм	100,0	15,75	15,46	64,7	4,15	100,0	33,28	100,0	30,51	100,0	16,63
Руда	-	-	7,31	33,38	3,93	-	-	-	-	-	-

Результаты исследований, приведенные в таблице 25 - 28, показывают, что при обогащении машинного класса крупностью – 0,63 + 0,71 мм на концентрационном столе возможно получение концентратов с содержанием свинца в пределах 40 % - 20 %.

Наибольшее извлечение свинца достигается при выходе концентрата 11,90 % от руды (75,55 % от класса) и содержании свинца в концентрате 20,39 %, серебра 82,71 г/т и барита 5,46 %, при извлечении свинца 33,17 % от руды (99,66 % от класса), серебра 29,49 % от руды (96,65 % от класса) и барита 16,55 % от руды (99,52 % от класса), таблица 27. При этом выделяются хвосты выходом 3,85 % от руды (24,45 % от класса) с содержанием свинца 0,19 %, серебра 8,87 г/т и барита 0,08 % и извлечением свинца 0,11 % от руды (0,34 % от класса), серебра 1,02 % от руды (3,35 % от класса) и барита 0,08 % от руды (0,48 % от класса).

3.4.5 Обогащение класса крупностью – 0,071 + 0,0 мм на центробежном концентраторе

Обогащение тонких классов (шламов) крупностью 0,071 – 0,0 мм осуществлялось на центробежном концентраторе с диаметром чаши 200 мм и числом оборотов 500 об/мин. Результаты обогащения класса крупностью – 0,071 + 0,0 мм приведены в таблице 28, 29 и 30, а схема концентрации на рисунке 8.

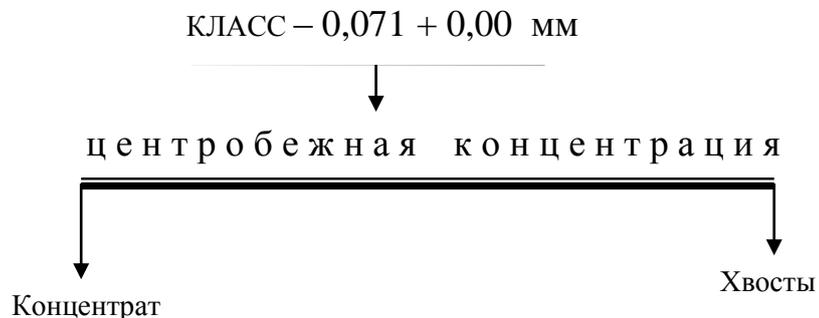


Рисунок 8 – Схема обогащения класса – 0,071 + 0,0 мм

Таблица 29 – Результаты обогащения класса крупностью – 0,071 + 0,0 мм (вариант 1)

Продукты	Выход, % от		Содержание			Извлечение Pb, % от		Извлечение Ag, % от		Извлечение Ba SO ₄ , % от	
	класса	руды	Pb, %	Ag, г/т	BaSO ₄ , %	класса	руды	класса	руды	класса	руды
Концентрат	5,30	3,22	24,82	44,10	8,60	32,87	10,93	11,24	4,26	20,25	7,05
Хвосты	94,70	57,62	2,84	19,50	1,90	67,13	22,34	88,76	33,65	79,75	27,82
Класс 0,071-0,0 мм	100,0	60,84	4,00	20,80	2,25	100,0	33,27	100,0	37,91	100,0	34,87
Руда	-	-	7,31	33,38	3,93	-	-	-	-	-	-

Таблица 30 – Результаты обогащения класса крупностью – 0,071 + 0,0 мм (вариант 2)

Продукты	Выход, % от		Содержание			Извлечение Pb, % от		Извлечение Ag, % от		Извлечение Ba SO ₄ , % от	
	класса	руды	Pb, %	Ag, г/т	BaSO ₄ , %	класса	руды	класса	руды	класса	руды
Концентрат	7,50	4,56	19,99	44,8	6,99	37,47	12,47	16,15	6,12	23,30	8,11
Хвосты	92,5	56,28	2,70	18,86	1,87	62,53	20,80	83,85	31,79	76,70	26,76
Класс 0,071-0,0 мм	100,0	60,84	4,00	20,80	2,25	100,0	33,27	100,0	37,91	100,0	34,87
Руда	-	-	7,31	33,38	3,93	-	-	-	-	-	-

Таблица 31 – Результаты обогащения класса крупностью – 0,071 + 0,0 мм (вариант 3)

Продукты	Выход, % от		Содержание			Извлечение Pb, % от		Извлечение Ag, % от		Извлечение Ba SO ₄ , % от	
	класса	руды	Pb, %	Ag, г/т	BaSO ₄ , %	класса	руды	класса	руды	класса	руды
Концентрат	12,17	7,40	14,56	35,20	5,56	44,29	14,74	20,59	7,80	30,07	10,47
Хвосты	87,83	53,44	2,54	18,81	1,79	55,71	18,53	79,41	30,11	69,93	24,40
Класс 0,071-0,0 мм	100,0	60,84	4,00	20,80	2,25	100,0	33,27	100,0	37,91	100,0	34,87
Руда	-	-	7,31	33,38	3,93	-	-	-	-	-	-

Результаты исследований, приведенные в таблице 29 - 31, показывают, что при обогащении машинного класса крупностью – 0,071 + 0,0 мм на центробежном концентраторе возможно получение концентратов с содержанием свинца в пределах 25 % - 15 %.

Наибольшее извлечение свинца достигается при выходе концентрата 7,4 % от руды (12,17 % от класса) и содержании свинца в концентрате 14,56 %, серебра 35,20 г/т и барита 5,56 %, при извлечении свинца 14,74 % от руды (44,29 % от класса), серебра 7,80 % от руды (20,59 % от класса) и барита 10,47 % от руды (30,07 % от класса), таблица 30. При этом получают хвосты выходом 53,44 % от руды (87,83 % от класса) с содержанием свинца 2,54 %, серебра 18,81 г/т и барита 1,79 % и извлечением свинца 18,53 % от руды (55,71 % от класса), серебра 30,11 % от руды (79,41 % от класса) и барита 24,40 % от руды (69,93 % от класса).

В процессе исследований по обогащению мелких классов с использованием центробежного концентратора было определено, что при обогащении продуктов крупностью более 0,5 мм выделение концентрата с повышенным содержанием свинца не происходит.

Мы считаем, что это связано с тем, что крупные зерна, имея большую массу, разрывают псевдооживленный слой в зоне концентрации и приводят к уносу полезного минерала в хвосты, снижая качество концентрата.

Исследования по центробежному обогащению различных классов и типов руд показали, что для получения эффективного разделения минералов по плотности в центробежном поле сил, исходная крупность руды, поступающей на обогащение в центробежный концентратор, не должна превышать 0,6 – 1,0 мм.

3.4.6 Выводы

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

- гравитационное обогащение дробленной руды целесообразно осуществлять на следующих машинных классах крупности: - 60 + 12 мм, - 12 + 2,5 мм, - 2,5 + 0,63 мм, - 0,63 + 0,071 мм и 0,071 + 0,0 мм;

- машинные классы крупностью - 60 + 12 мм, - 12 + 2,5 мм, - 2,5 + 0,63 мм целесообразно обогащать с использованием процесса отсадки. Класс крупностью - 0,63 + 0,071 мм целесообразно обогащать на шламовых концентрационных столах, а класс крупностью - 0,071 + 0,0 мм на центробежных концентраторах;

- в связи с тем, что все классы крупности имеют хорошую гравитационную контрастность, а их выход незначительный, возможно расширение диапазона обогащаемых классов. Например, возможно обогащение широкого класса крупностью - 60 + 2,5 мм или -12,0 + 0,63 мм;

- при обогащении всех машинных классов происходит выделение концентратов с содержанием свинца в диапазоне 60 % - 15 %. Однако, получение концентратов с высоким содержанием свинца (более 30 % – 40 %) нецелесообразно, т. к. выхода данных концентратов очень незначительные;

- наиболее высокие показатели по извлечению свинца и серебра в гравитационные концентраты, получаемые при обогащении всех машинных классов, наблюдаются при содержании свинца в концентратах порядка 20 % - 22 %;

- во всех полученных концентратах происходит концентрация серебра и барита. Выделение барита из полученных концентратов возможно только флотацией.

3.5 Технологические показатели обогащения и рекомендуемая технологическая схема переработки руды

Технологические показатели обогащения приведены в таблицах 38, 39, 40 и 41, а рекомендуемая технологическая схема переработки руды показана на рисунке 9.

Таблица 38 - Технологические показатели обогащения – Баланс металлов, вариант 1

Продукты	Выход, %	Содержание, %			Извлечение, %		
		Pb	Ag, г/т	BaSO ₄	Pb	Ag	Ba SO ₄
Концентрат 60-12 мм	1,77	35,00	142,70	23,72	8,47	7,57	10,69
Концентрат 12-2,5 мм	1,60	42,93	173,65	29,41	9,39	8,33	11,99
Концентрат 2,5-0,63 мм	2,25	42,65	119,56	28,68	13,12	8,06	16,44
Концентрат 0,63-0,071 мм	5,98	40,02	150,02	10,70	32,72	26,88	16,3
Концентрат 0,071-0,0 мм	3,22	24,82	44,10	8,60	10,93	4,26	7,05
Итого концентрат	14,82	36,83	124,1	16,55	74,63	55,10	62,47
Хвосты 60-12 мм	6,78	0,52	6,30	1,66	0,49	1,28	2,87
Хвосты 12-2,5 мм	4,19	0,95	16,17	1,73	0,55	2,02	1,84
Хвосты 2,5-0,63 мм	6,82	1,53	21,15	2,69	1,43	4,32	4,67
Хвосты 0,63-0,071 мм	9,77	0,41	12,42	0,14	0,56	3,63	0,33
Хвосты 0,071-0,0 мм	57,62	2,84	19,50	1,90	22,34	33,65	27,82
Итого хвосты	85,18	2,18	17,60	1,73	25,37	44,90	37,53
Руда	100,0	7,31	33,38	3,93	100,0	100,0	100

При получении гравитационного концентрата со средним содержанием свинца 36,83 % и серебра 124,1 г/т, выход общего концентрата составит 14,82 %, при общем извлечении свинца 74,63 % и серебра 55,10 %. Одновременно получают хвосты выходом 85,18 % с содержанием свинца 2,18 % и серебра 17,60 г/т, при извлечении свинца 25,37 % и серебра 44,90 %, таблица 37 (Вариант 1).

Таблица 39 - Технологические показатели обогащения – Баланс металлов, вариант 2

Продукты	Выход, %	Содержание, %			Извлечение, %		
		Pb	Ag, г/т	BaSO ₄	Pb	Ag	Ba SO ₄
Концентрат 60-12 мм	3,23	19,49	80,10	14,42	8,61	7,75	11,86
Концентрат 12-2,5 мм	2,20	32,07	132,35	23,45	9,65	8,73	13,14
Концентрат 2,5-0,63 мм	2,64	36,76	105,04	25,64	13,27	8,31	17,25
Концентрат 0,63-0,071 мм	6,57	36,62	138,71	9,75	32,9	27,31	16,32
Концентрат 0,071-0,0 мм	4,56	19,99	44,80	6,99	12,47	6,12	8,11
Итого концентрат	19,20	29,29	101,2	13,63	76,90	58,22	66,68
Хвосты 60-12 мм	5,32	0,48	6,88	1,26	0,35	1,10	1,70
Хвосты 12-2,5 мм	3,59	0,59	15,16	0,76	0,29	1,62	0,69
Хвосты 2,5-0,63 мм	6,43	1,45	21,14	2,37	1,28	4,07	3,86
Хвосты 0,63-0,071 мм	9,18	0,30	11,67	0,14	0,38	3,20	0,31
Хвосты 0,071-0,0 мм	56,28	2,70	18,86	1,87	20,8	31,79	26,76
Итого хвосты	80,80	2,09	17,26	1,62	23,10	41,78	33,32
Руда	100,0	7,31	33,38	3,93	100,0	100,0	100,0

При получении гравитационного концентрата со средним содержанием свинца 29,29 % и серебра 101,20 г/т, выход общего концентрата составит 19,20 %, при общем извлечении свинца 76,90 % и серебра 58,22 %. Одновременно получают хвосты выходом 80,80 % с содержанием свинца 2,09 % и серебра 17,26 %, при извлечении свинца 23,10 % и серебра 41,78 %, таблица 38 (Вариант 2)

Таблица 40 - Технологические показатели обогащения – Баланс металлов, вариант 3

Продукты	Выход, %	Содержание, %			Извлечение, %		
		Pb	Ag г/т	BaSO ₄	Pb	Ag	Ba SO ₄
Концентрат 60-12 мм	3,23	19,49	80,10	14,42	8,61	7,75	11,86
Концентрат 12-2,5 мм	2,68	26,45	110,68	19,44	9,69	8,89	13,27
Концентрат 2,5-0,63 мм	3,02	32,31	94,37	22,78	13,35	8,54	17,53
Концентрат 0,63-0,071 мм	8,85	27,34	108,16	7,32	33,08	28,68	16,49
Концентрат 0,071-0,0 мм	7,4	14,56	35,20	5,56	14,74	7,80	10,47
Итого концентрат	25,18	23,08	81,70	10,86	79,47	61,66	69,62
Хвосты 60-12 мм	5,32	0,48	6,88	1,26	0,35	1,10	1,70
Хвосты 12-2,5 мм	3,11	0,57	15,75	0,71	0,25	1,46	0,56
Хвосты 2,5-0,63 мм	6,05	1,46	21,20	2,33	1,20	3,84	3,58
Хвосты 0,63-0,071 мм	6,90	0,20	8,88	0,08	0,20	1,83	0,14
Хвосты 0,071-0,0 мм	53,44	2,54	18,81	1,79	18,53	30,11	24,40
Итого хвосты	74,82	2,01	17,10	1,59	20,53	38,34	30,38
Руда	100,0	7,31	33,38	3,93	100,0	100,0	100,0

При получении гравитационного концентрата со средним содержанием свинца 23,08 % и серебра 81,70 %, выход общего концентрата составит

25,18 %, при общем извлечении свинца 79,47 % и серебра 61,66 %. Одновременно получают хвосты выходом 74,82 % с содержанием свинца 2,01 % и серебра 17,10 %, при извлечении свинца 20,53 % и серебра 38,34 %, таблица 39 (Вариант 3).

Таблица 41 - Технологические показатели обогащения – Баланс металлов, вариант 4

Продукты	Выход, %	Содержание, %			Извлечение, %		
		Pb	Ag, г/т	BaSO ₄	Pb	Ag	Ba SO ₄
Концентрат 60-12 мм	3,23	19,49	80,1	14,42	8,61	7,75	11,86
Концентрат 12-2,5 мм	3,48	20,50	88,91	15,13	9,75	9,27	13,41
Концентрат 2,5-0,63 мм	4,87	20,59	66,57	15,01	13,72	9,71	18,63
Концентрат 0,63-0,071 мм	11,9	20,39	82,71	5,46	33,17	29,49	16,55
Концентрат 0,071-0,0 мм	4,56	19,99	44,8	6,99	12,47	6,12	8,11
Итого концентрат	28,03	20,27	74,2	9,60	77,72	62,34	68,56
Хвосты 60-12 мм	5,32	0,48	6,88	1,26	0,35	1,1	1,70
Хвосты 12-2,5 мм	2,31	0,57	15,66	0,71	0,19	1,08	0,42
Хвосты 2,5-0,63 мм	4,2	1,46	21,19	2,33	0,83	2,67	2,48
Хвосты 0,63-0,071 мм	3,84	0,19	8,87	0,08	0,11	1,02	0,08
Хвосты 0,071-0,0 мм	56,28	2,70	18,86	1,87	20,8	31,79	26,76
Итого хвосты	71,97	2,26	17,50	1,72	22,28	37,66	31,44
Руда	100,0	7,31	33,38	3,93	100,0	100,0	100,0

При получении гравитационного концентрата со средним содержанием свинца 20,27 % и серебра 74,20 %, выход общего концентрата составит 28,03 %, при общем извлечении свинца 77,72 % и серебра 62,34 %. Одновременно получают хвосты выходом 71,97 %, с содержанием свинца 2,26 % и серебра 17,50 %, при извлечении свинца 22,28 % и серебра 37,66 %, таблица 40 (Вариант 4) [14].

Анализ представленных результатов лабораторных исследований, по гравитационному обогащению окисленной свинцово-баритовой руды, показывает, что наибольшее извлечение свинца и серебра происходит при получении концентратов со средним содержанием свинца порядка 20 %.

При этом необходимо отметить, что большая часть получаемого концентрата извлекается из мелких классов крупностью менее 0,63 мм.

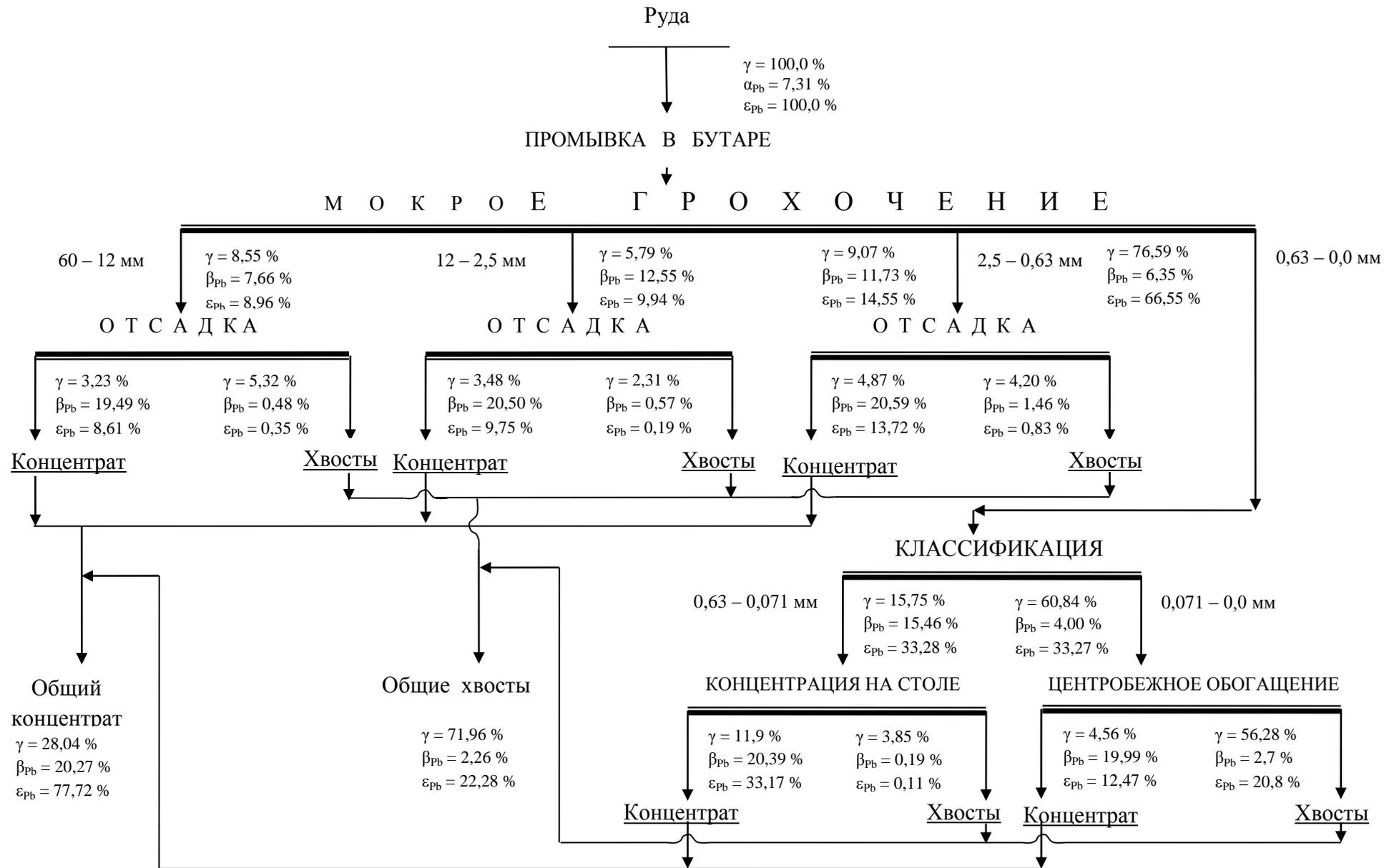


Рисунок 9 - Рекомендуемая технологическая схема переработки свинцово-баритовой руды

На рисунке 10 показан возможный вариант переработки окисленной свинцово-баритовой руды месторождения Ушкатын III с использованием существующего оборудования.

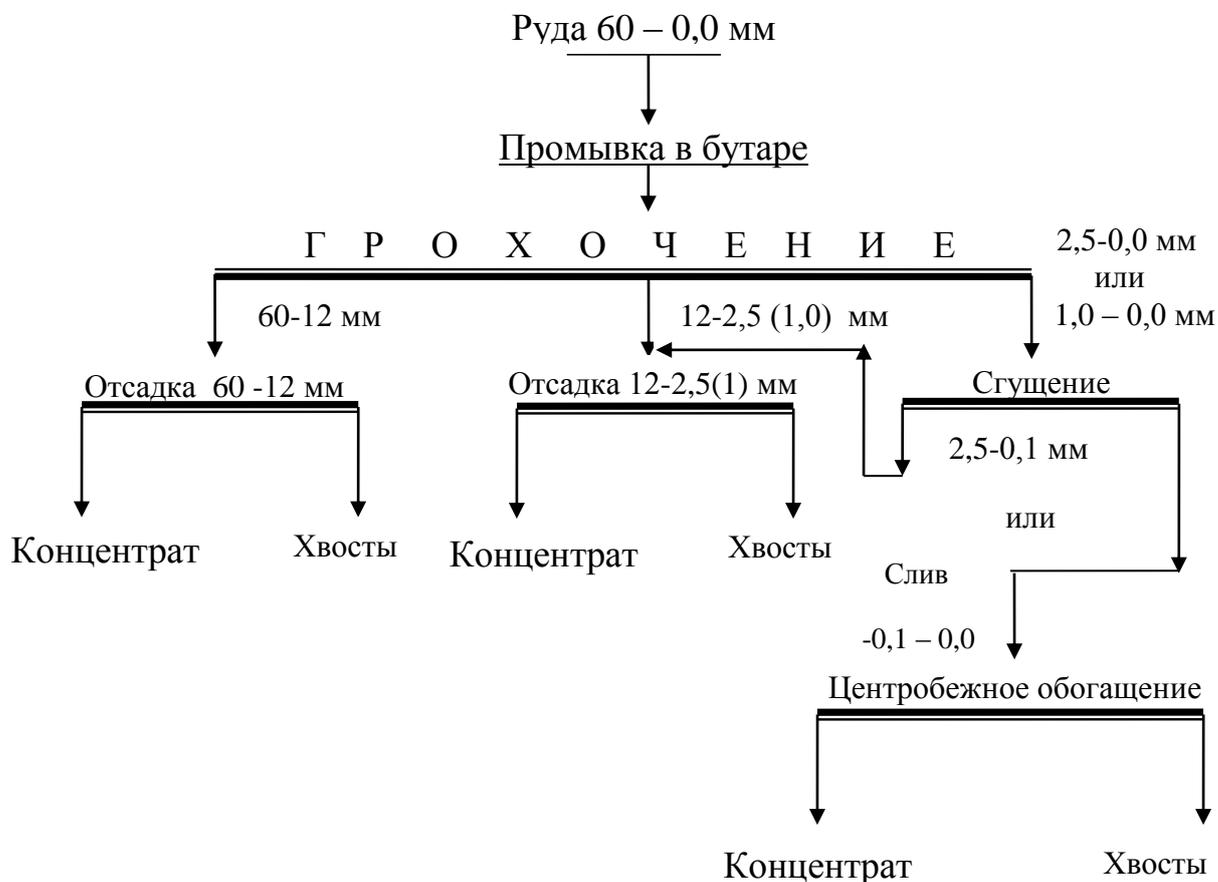


Рисунок 10 – Возможный для использования вариант переработки окисленной свинцово-баритовой руды месторождения Ушкатын III

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Краткие выводы

1. Изучением вещественного и химического состава установлено, что основным металлом, определяющим экономическую целесообразность переработки руды является свинец, второстепенными – серебро и барит. Минералы свинца в руде представлены сульфидными и окисленными формами, в основном, в виде галенита и церуссита. Согласно результатам химического анализа в пробе руды, среднее содержание свинца, серебра и барита составили 7,22 %, 28,92 г/т и 4,74 % соответственно. Основным вмещающим минералом в руде являлся диоксид кремния с содержанием 17 % - 20 %.

2. Исследования по изучению гранулометрического состава руды с использованием операции промывки и мокрого рассева на классы крупности показали, что руда, содержит значительное количество мелких и тонких классов. В результате промывки руды и последующей ее классификации на различные классы крупности, происходит повышение содержания свинца в классах крупнее 0,071 мм практически в два раза, по сравнению с исходным содержанием в руде, и колеблется в пределах 11 % - 16 %;

3. В результате исследования гранулометрического состава было определено, что в исследуемой руде присутствует значительное количество цементирующего глинистого вещества, которое сильно сцепляет минеральные зерна и соответственно для их разделения требуется интенсивная и длительная дезинтеграция. На основании этого окисленную свинцово-баритовую руду месторождения Ушкатын – III по свойству промывистости можно отнести к категории труднопромывистых руд, требующих повышенного расхода воды на их дезинтеграцию.

4. Гравитационному обогащению, с использованием процесса отсадки, подвергались машинные классы крупностью – 60 + 12,0 мм, – 12 + 2,5 мм, 2,5 + 0,63 мм. Обогащение машинного класса крупностью – 0,63 + 0,071 мм осуществлялось на концентрационном столе, а машинный класс крупностью – 0,071 + 0,00 мм обогащался на центробежном концентраторе. Доказано, что при обогащении всех машинных классов возможно получение концентратов с содержанием свинца в диапазоне 60 % - 15 %. Получение концентратов с высоким содержанием свинца (более 30 % – 40 %) нецелесообразно, т. к. выхода данных концентратов очень незначительные.

5. Определено, что при гравитационном обогащении окисленной свинцово-баритовой руды наиболее полное извлечение свинца и серебра в гравитационные концентраты происходит при получении общего концентрата с содержанием свинца порядка 20 % - 22 %, при этом общее извлечение свинца составит 77 % - 78 % и серебра 62 % - 63 %.

6. На основании полученных результатов исследований разработана

и рекомендована к использованию в промышленных условиях гравитационная технологическая схема переработки окисленной свинцово-баритовой руды, включающая в себя промывку исходной руды и последующее обогащение машинных классов крупностью 60 + 12,0 мм, – 12 + 2,5 мм, 2,5 + 0,63 мм отсадкой, а машинных классов крупностью – 0,63 + 0,071 мм и 0,071 + 0,00 мм - на концентрационных столах и центробежных концентраторах.

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

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

Оценка технико-экономической эффективности внедрения. Ожидаемая технико-экономическая эффективность внедрения результатов, проведенных исследований, достаточно высока, так как планируется использовать простые, экономически дешевые, высокопроизводительные гравитационные процессы обогащения. При этом предлагаемые технологические схемы обогащения исключают дорогостоящие операции рудоподготовки (мелкое дробление и измельчение) и значительно упрощают технологию их переработки. При использовании гравитационных методов обогащения, достигается довольно высокое извлечение свинца в концентрат 77-80 %.

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

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

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Телков Ш.А., Мотовилов И.Ю., Бостандыков А.М. Барменшинова М.Б. Зеленский В.П. Малимбаев У.С. Изучение вещественного и гранулометрического состава окисленных свинцово-баритовых руд. // МАТЕРИАЛЫ Международной научно-практической конференции «Эффективные технологии производства цветных, редких и благородных металлов», посвященной проблемам металлургической науки и промышленности и памяти известного ученого-металлурга, члена-корреспондента Академии наук РК, лауреата Государственной премии Республики Казахстан Булата Балтакаевича Бейсембаева. – Алматы, 2018. - С.109-114.
2. Яковлев П.Д. Промышленные типы рудных месторождений. – М.: Недра, 1986 г. – С. 358.
3. Абрамов А.А. Переработка, обогащение и комплексное использование твердых полезных ископаемых. М. Том 2. «Технология обогащения полезных ископаемых». Москва, МГТУ, 2006 - С. 137.
4. Абрамов А.А. Переработка, обогащение и комплексное использование твердых полезных ископаемых. М Том 3. «Технология переработки и обогащения руд цветных металлов». Москва, МГТУ, 2006 – С. 201.
5. Абрамов А.А. Флотационные методы обогащения. Москва, МГТУ, 2008 - С. 188.
6. <http://okvsk.ru/obogaschenie/688-svincovye-svincovo-cinkovye-i-polimetallicheskie-rudy.html>
7. Полькин С.И. Адамов Э.В. Обогащение руд цветных металлов. Учебник для вузов. – М.: Недра, 1983 г. – С. 400.
8. <http://novazinc.kz/>
9. Студенцов В.В. Клец А. Вопросы теории и практики обогащения руд. / Кн. Горно-металлургический комплекс Республики Казахстан // Анализ, запасы, технологии. – Алматы: Информационно-аналитический центр геологии, экологии и природных ресурсов Республики Казахстан, 1997 - С. 278.
10. Митрофанов С.И. Исследование полезных ископаемых на обогатимость. - М.: Госгортехиздат, 1962 - С. 158.
11. Леонов С.Б., Белькова О.Н. Исследование полезных ископаемых на обогатимость. - М.: Интернет инжииринг, 2001 - С. 325.
12. Райвич И. Д. Отсадка крупнокусковых руд. – М.: Недра, 1988 - С. 132.
13. Королев Н.А., Венгер М.К., Королев И.А., Возня А.А. Использование технологической минералогии при разработке схем обогащения // Вестник Сибирского государственного индустриального университета, 2018 – С. – 27-31.

14. Телков Ш.А., Мотовилов И.Ю., Бостандыков А.М., Барменшинова М.Б. Разработка технологии обогащения окисленных свинцово-баритовых руд с использованием гравитационных процессов обогащения. // Труды Сатпаевских чтений «Инновационные решения традиционных проблем: инженерия и технологии» Алматы 2019
15. Кирхберг Г. Обогащение полезных ископаемых. Москва 1960 - С. 249.
16. Р. Берг, К.Миллз "Технология гравитационного обогащения", М. 1990 - С. 126.
17. Т.В. Глембоцкая "Возникновение и развитие гравитационных методов обогащения", М. 1991 - С. 98.
18. В.Н. Шохин, А.Г. Лопатин "Гравитационные методы обогащения" 1997 - С. 237.
19. Б.Ф. Куликов "Минералогический справочник технолога-обогатителя", М. 1985 - С. 337.
20. Н.А. Самылин "Отсадка", М. 1976 - С. 24.
21. Авдохин В.М Основы обогащения полезных ископаемых, Обогачительные процессы, Том 1, 2006 - С. 230.

Приложение А – Оттиски опубликованных статей

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ К. И. САТПАЕВА

ИНСТИТУТ МЕТАЛЛУРГИИ И ОБОГАЩЕНИЯ

МАТЕРИАЛЫ

Международной научно-практической конференции
ЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЦВЕТНЫХ,
РЕДКИХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ



Алматы 2018 Almaty

ИЗУЧЕНИЕ ВЕЩЕСТВЕННОГО И ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ОКИСЛЕННЫХ СВИНЦОВО-БАРИТОВЫХ РУД

<https://doi.org/10.31643/2018-7.06>

Телков Ш.А.¹, *Мотовилов И.Ю.¹, Бостандыков А.М.¹, Барменшинова М.Б.¹,
0000-0001-6641-4802 0000-0002-0716-402X 0000-0002-5819-4317 0000-0003-0534-2387

Зеленский В.П.², Малимбаев У.С.²

¹НАО «Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева», г. Алматы, Казахстан, *motovilov88@inbox.ru;

²АО «Жайремский ГОК»

Аннотация. В работе представлены результаты изучения вещественного и гранулометрического состава окисленных свинцово-баритовых руд месторождения Ушкатын – III .

Минеральный состав окисленных свинцово-баритовых руд представлен следующими минералами: рудными минералами являются церуссит ~ 7,6 %, галенит ~ 5,3%, которые заполняют промежутки между зернами барита. Встречаются редкие зерна гидроксида железа и идиоморфного пирита. Нерудные минералы представлены кварцем ~ 56,6 %, катыцитом ~ 10,5 %, мусковитом ~ 7,7 % и ортоклазом ~ 3,9 %. Минералогическим анализом установлено, что рудные минералы церуссит и галенит встречаются главным образом в зернах барита, который при крупности дробления исходной руды до 60 мм, наблюдаются в раскрытом виде. Данный факт позволяет утверждать, что для обогащения окисленных свинцово-баритовых руд, возможно, применение гравитационных методов обогащения (отсадка, концентрация на столе, центробежная сепарация) для получения черновых свинца содержащих концентратов. Изучение гранулометрического состава показали, что выхода классов крупностью крупнее 0,071 мм составили 39,16%, а основная масса руды представлена классом крупности менее 0,071 мм.

Месторождение Ушкатын – III представлено свинцово-баритовыми и железо-марганцевыми участками [1].

В железо-марганцевой части месторождения руды представлены первичными марганцевыми и железными рудами, вещественный состав которых изучен и ведется их переработка по ранее отработанным технологиям.

С 2015 года начата отработка участка барито-свинцовых руд. Участок барито-свинцовых руд на месторождении представлен различными технологическими типами: окисленные свинцовые, окисленные свинцово-баритовые, смешанные свинцово-баритовые, сульфидные свинцово-баритовые, баритовые и пироморфитовые. Основная часть запасов месторождения представлена сульфидными рудами.

Основными минералогическими типами окисленных руд являются:

- окисдно-фосфатные свинцовые руды подзоны выщелачивания, в которых свинец представлен пироморфитами, плюмбогуммитом, второстепенным коркитом, бедантитом и остаточным церусситом (верхние горизонты);

- гидроксидно-карбонатные свинцовые руды, в которых свинец представлен коронадитом, вакенродитом, криптомеланом, свинцовым родохрозитом, остаточным церусситом;

- свинцовые окисленные руды, в которых свинец представлен церусситом.

В контуре месторождения доля окисленных руд, в общем балансе запасов, составляет около 30 %. Эти руды крайне неоднородны по составу и качеству и среднее извлечение свинца в концентраты, по результатам ранее выполненных технологических исследований, составляло 58,0 – 59,0 %.

Авторами работы выполнены исследования по изучению вещественного и гранулометрического состава окисленных свинцово-баритовых руд, с целью получения

исходных данных для выбора направления дальнейших технологических исследований на обогатимость.

Изучение вещественного и химического состава. На пробе окисленной свинцово-баритовой руды были выполнены исследования по изучению вещественного и химического состава, а также проведено минералогическое описание рудных минералов. Вещественный состав изучался рентгено-дифрактометрическим анализом на автоматизированном дифрактометре ДРОН-3 с $\text{CuK}\alpha$ – излучением, β -фильтр. Далее приведены межплоскостные расстояния и фазовый состав образцов (табл.1), результаты полуколичественного рентгенофазового анализа (табл.2), дифрактограмма пробы (рис.1).

Таблица 1 - Межплоскостные расстояния и фазовый состав пробы

$d, \text{Å}$	$I \%$	минерал	$d, \text{Å}$	$I \%$	минерал
10.01857	13.5	слюда	2.48563	20.7	-
4.42822	16.6	-	2.45545	17.9	-
4.25262	39.3	кварц	2.28014	14.8	-
3.58723	43.4	церуссит	2.23441	12.0	-
3.49202	34.8	галенит	2.12308	14.9	-
3.34231	100.0	-	2.08041	17.8	-
3.23882	15.1	КПШ	2.00514	11.6	-
3.07177	21.1	-	1.98009	16.2	-
3.02811	27.8	кальцит	1.93047	16.2	-
2.82773	13.5	-	1.90571	11.9	-
2.58931	16.7	-	1.81691	20.2	-
2.51986	14.9	-	1.63010	10.3	-

Таблица 2 - Результаты полуколичественного рентгенофазового анализа

Минерал	Формула	Концентрация, %
Quartz	SiO_2	56.6
Calcite	$\text{Ca}(\text{CO}_3)$	10.5
Barite	BaSO_4	10.1
Muscovite	$\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$	7.7
Cerussite	PbCO_3	7.6
Orthoclase	KAlSi_3O_8	3.9
Galena	PbS	5.3

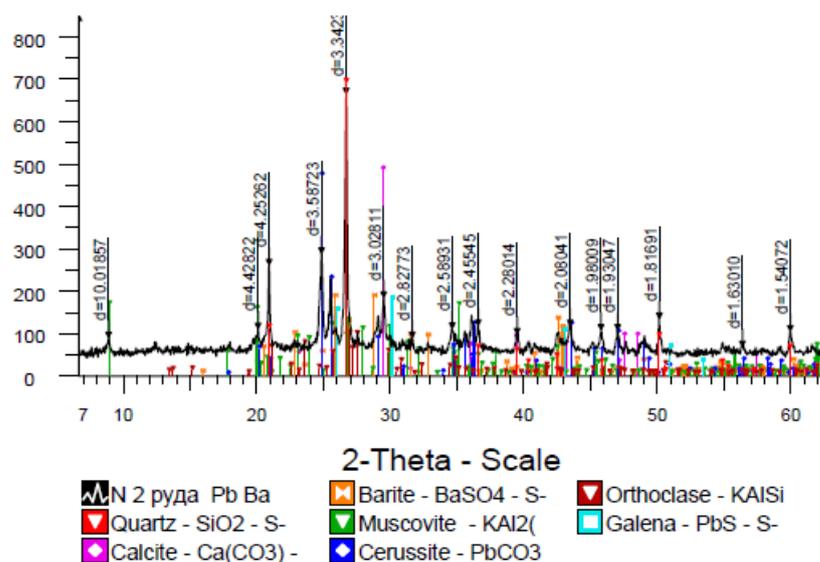


Рисунок 1 – Дифрактограмма пробы

Химический состав окисленной свинцово-баритовой руды приведен в таблице 3.

Таблица 3 –Химический состав исходных шламов

Массовая доля элементов, %									
Pb	Zn	Cu	Ag, г/т	BaSO ₄	Fe	Mn	S	Cd, г/т	SiO ₂
7,22	0,11	0,02	28,92	4,74	3,99	0,33	0,27	8,7	17,78

Минералогическое описание рудных минералов

Макро: кварц-барит-церусситовая руда, сухаристая, выщелоченная, серовато-бурого цвета, средне-зернистая, в пустотках развиваются кристаллики церуссита с охристыми образованиями гидроокислов железа бурого цвета.

Микро: кварц-барит-церусситовая руда, текстура гнездово-вкрапленная, пятнистая; структура интерстициальная, замещения. Основные рудные минералы – церуссит, барит, галенит.

Галенит – составляет около 0,5 % от площади аншлифа, наблюдается в виде агрегатов неправильной формы с зазубренными краями, выполняющими межзерновые пространства между зернами кварца и барита, размером до 0,2 мм либо представляет собой реликты в церуссите. Кое-где по галениту образуется сеточка ковеллина.

Церуссит – основной рудный минерал, составляет около 30 % (от площади аншлифа). Образуется в результате замещения галенита, размер зерен до 1,0 мм. Церуссит образует как аморфные гнездообразные скопления, так и идиоморфные кристаллики размером до 0,5 мм. В отраженном свете светло-серого цвета, анизотропный, внутренние рефлексы стеклянные с фиолетовым оттенком, реже белого и желтовато - серого цвета. Выполняет промежутки между зернами барита (рисунок 2).

По всей площади аншлифа наблюдается рассеянная вкрапленность идиоморфного пирита размером зерен 0,006 - 0,012 мм.

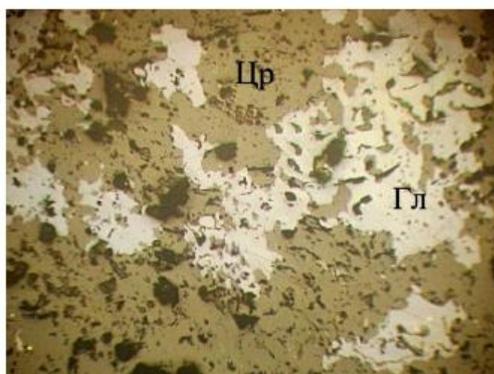


Рисунок 2 – Гнездообразные скопления ангедрального галенита, выполняющего межзерновые пространства между зернами церуссита, кварца и барита, ув.72

Результаты изучения вещественного состава окисленных свинцово-баритовых руд показали, что минеральный состав их представлен следующими минералами: основными рудными минералами являются церуссит ~ 7,6 %, галенит ~ 5,3, которые заполняют промежутки между зернами барита. Встречаются редкие зерна гидроксида железа и идиоморфного пирита. Нерудные минералы представлены кварцем ~ 56,6 %, кальцитом ~ 10,5 %, мусковитом ~ 7,7 % и ортоклазом ~ 3,9 %.

Минералогическим анализом установлено, что рудные минералы церуссит и галенит встречаются в зернах барита, который при крупности дробления 60 мм наблюдаются в раскрытом виде.

Исследования по изучению гранулометрического состава. Мокрый ситовой анализ

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

Таблица 4 – Гранулометрический состав и характер распределения, свинца, барита и серебра по классам крупности

Классы крупности, мм	Выход, %	Содержание, %			Извлечение, %		
		свинца, %	серебра, г/т	барита, %	свинца	серебра	барита
– 60 + 40	2,72	0,12	2,30	0,71	0,04	0,18	0,42
– 40 + 20	3,23	7,69	44,7	6,46	3,40	4,31	4,48
– 20 + 12	2,60	11,04	46,42	5,62	3,93	3,62	3,14
– 12 + 5	3,59	13,46	64,82	9,47	6,63	6,98	7,31
– 5 + 2,5	2,20	14,64	71,50	9,64	4,41	4,71	4,55
– 2,5 + 1,25	3,74	12,95	65,30	9,88	6,64	7,32	7,94
– 1,25 + 0,63	5,33	12,38	53,90	9,74	9,05	8,61	11,16
– 0,63 + 0,315	4,95	14,15	56,60	10,55	9,59	8,39	11,21
– 0,315 + 0,16	5,26	16,04	64,10	10,60	11,57	10,11	11,99
– 0,16 + 0,071	5,54	15,04	47,40	7,05	11,40	7,86	8,38
– 0,071 + 0,0	60,84	4,00	20,80	2,25	33,34	37,91	29,42
Итого	100,0	7,30	33,38	4,65	100,0	100,0	100,0

Результаты мокрого ситового анализа показывают, что:

- после промывки исходной руды, выхода всех классов крупностью более 0,071 мм находятся в пределах 2 – 6 %. Суммарный выход классов крупностью –60 + 0,071 мм составил 39,16 %, в том числе выход класса крупностью –60 + 12 мм составил 8,55 %, класса крупностью – 12 + 2,5 мм составил 5,79 %, класса – 2,5 + 0,63 мм составил 9,07 % и класса – 0,63 + 0,071 мм составил 15,75 %;

- выход класса крупностью – 0,071 + 0,0 мм составил 60,84 %, т. е. основная часть руды представлена тонкими шламистыми классами. Среднее содержание свинца в классе крупностью – 0,071 + 0,00 мм составило 4,0 % и в данный класс извлекается 33,34 % свинца. В этом классе крупности отмечается также присутствие значительного количества глинистой фракции. Далее приведены результаты седиментационного анализа;

- после промывки руды наблюдается неравномерное распределение свинца по классам крупности. В классах крупностью от 20 мм и до 0,071 мм происходит повышение содержания свинца практически в два раза по сравнению с исходным содержанием в руде и колеблется в пределах 11 % - 16 %;

- распределение содержания серебра по классам крупности неравномерное. Во всех классах крупнее 0,071 мм содержание серебра в 1,5 – 2 раза превышает его содержание в руде и колеблется в интервале 44 – 71 г/т, т. е. в данных классах происходит его концентрация. Средневзвешенное содержание серебра в суммарном классе крупностью – 60 + 0,071 мм составило 52,93 г/т, при извлечении серебра 62,09 %. Остальное серебро находится в классе крупностью – 0,071 + 0,00 мм со средним содержанием 20,8 г/т;

- распределение содержаний барита по классам крупности крупнее 0,071 мм практически равномерное и колеблется в пределах 6 % - 10 %. Средневзвешенное содержание барита в классах крупностью – 60 + 0,071 мм составило 8,39 %, т. е почти в два раза выше содержания в руде, а содержание барита в классе крупностью – 0,071 + 0,0 мм составило 2,25 %, т.е. понизилось относительно содержания в руде в два раза.

Седиментационный анализ. Для определения гранулометрического состава и характера распределения металлов по классам крупности в классе –0,071 + 0,0 мм, был выполнен седиментационный анализ методом отмучивания. Для расчета конечных скоростей падения зерен разной крупности была принята удельная плотность класса крупностью – 0,071 + 0,0 мм равная 2,78 г/см³, которая определялась пикнометрическим методом. Результаты седиментационного анализа сведены в таблицу 5.

Таблица 5 – Гранулометрический состав класса –0,071 + 0,0 мм и характер распределения свинца, серебра и барита по классам крупности ($\delta = 2,78 \text{ г/см}^3$)

Классы крупности, мм	Выход, %	Содержание			Извлечение, %		
		свинца, %	серебра, г/т	барита, %	свинца	серебра	барита
-0,071 + 0,040	4,26	20,27	58,7	5,26	11,83	7,50	4,82
-0,040 + 0,030	4,26	12,33	38,56	3,48	7,20	4,92	3,19
-0,030 + 0,020	6,69	3,82	28,3	2,30	3,50	5,67	3,31
-0,020 + 0,010	15,51	2,4	20,0	2,12	5,09	9,29	7,07
-0,010 + 0,005	23,12	1,42	13,30	1,85	4,48	9,21	9,20
-0,005 + 0,00	7,00	1,31	6,30	1,23	1,24	1,32	1,83
Итого	60,84	4,0	20,80	2,25	33,34	37,91	29,42
Руда	-	7,30	33,38	4,65	-	-	-

Анализ результатов, приведенных в таблице 5 показывает, что в классе крупностью 0,071 - 0,040 мм содержание составило свинца 20,27 %, серебра 58,7 г/т, барита 5,26 % т.е. повысилось относительно содержания в руде. Выход данного класса крупности составил 4,26 %, при извлечении свинца 11,83 %, серебра 7,50 % и барита 4,82 %.

Общий выход класса крупностью 0,071 - 0,030 мм составил 8,52 % со средним содержанием свинца 16,30 %, серебра 48,63 г/т и барита 4,37 % при извлечении свинца 19,03 %, серебра 12,42 и барита 8,01 %.

Наиболее бедными по содержанию свинца, серебра и барита являются классы крупностью мельче 0,020 мм.

На основании результатов изучения вещественного и гранулометрического состава окисленных свинцово-баритовых руд можно сделать следующие основные выводы:

- минеральный состав представлен следующими минералами: основными рудными минералами являются церуссит ~ 7,6 %, галенит ~ 5,3, которые заполняют промежутки между зернами барита. Встречаются редкие зерна гидроксида железа и идиоморфного пирита. Нерудные минералы представлены кварцем ~ 56,6 %, кальцитом ~ 10,5 %, мусковитом ~ 7,7 % и ортоклазом ~ 3,9 %;

- минералогическим анализом установлено, что рудные минералы церуссит и галенит встречаются в зернах барита, который при крупности дробления 60 мм наблюдаются в раскрытом виде. Данный факт позволяет утверждать, что для обогащения окисленных свинцово-баритовых руд, возможно, применение гравитационных методов обогащения (отсадка, концентрация на столе, центробежная сепарация) для получения черновых концентратов [4];

- изучения гранулометрического состава показали, что выхода классов крупностью крупнее 0,071 мм составили 39,16 %, в который извлекается свинца 66,66 %, серебра 62,09 % и барита 70,58 %, основная масса руды представлена классом крупности менее 0,071 мм;

- седиментационным анализом установлено, что наиболее бедными по содержанию свинца, серебра и барита являются классы крупностью мельче 0,020 мм;

- дальнейшие исследования будут направлены на изучение гравитационной обогатимости окисленных свинцово-баритовых руд с использованием процесса отсадки машинных классов крупности 60 – 12 мм, 12 – 1 мм и 1 – 0,0(0,020) мм.

ЛИТЕРАТУРА

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

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

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

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

STUDY OF THE SUBSTANCE AND GRANULOMETRIC COMPOSITION OF OXIDIZED LEAD-BARITE ORE

Telkov Sh.A.¹, *Motovilov I.Y.¹, Bostandykov A.M.¹, Barmenshinova M.B.¹,
0000-0001-6641-4802 0000-0002-0716-402X 0000-0002-5819-4317 0000-0003-0534-2387

Zelenskiy V.P.², Malimbaev U.S.²

¹“Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev” NJSC,
Almaty, Kazakhstan, *motovilov88@inbox.ru;

²«Zhairem GOK» JSC, Kazakhstan

Abstract. *The paper presents the results of studying the material and granulometric composition of oxidized lead-barite ores of the Ushkatyn-III deposit.*

The mineral composition of the oxidized lead-barite ores is represented by the following minerals: ore minerals are cerussite ~ 7.6%, galena ~ 5.3%, which fill the gaps between grains of barite. There are rare grains of iron hydroxide and idiomorphic pyrite. Nonmetallic minerals are represented by quartz ~ 56.6%, calcite ~ 10.5%, muscovite ~ 7.7% and orthoclase ~ 3.9%. Mineralogical analysis established that the ore minerals cerussite and galena are mainly found in barite grains, which, when the initial ore is crushed to 60 mm in size, are observed in the open form. This fact makes it possible to assert that, for the enrichment of oxidized lead-barite ores, it is possible to use gravity enrichment methods (deposition, concentration on the table, centrifugal separation) to obtain leaded lead containing concentrates. Studying the granulometric composition showed that the yields of classes with a size larger than 0.071 mm were 39.16%, and the bulk of the ore is represented by a class of fineness less than 0.071 mm.

- Сосипаторов А.И., Чикин А.Ю.** (*Иркутский научно-исследовательский институт благородных и редких металлов и алмазов, г. Иркутск, Россия*) **Выбор оптимального технологического решения для переработки углистых золотосодержащих руд** 90
- Тусупбаев Н.К.** (*АО «Институт металлургии и обогащения», г. Алматы, Казахстан*) **Композиционные аэрофлоты для интенсификации флотации золотосодержащих руд** 95
- Telkov S.A., Motovilov I.Y., Daruesh G.S.** (*«Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev» NJSC, Almaty, Kazakhstan*) **The research of gravitational and magnetic enrichment of stale tailings of manganese with the determination of the possibility of their processing** 98
- Телков Ш.А.¹, Мотовилов И.Ю.¹, Барменшинова М.Б.¹, Нурманова А.Н.¹, Даруеш Г.С.¹** (*¹НАО «Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева», г. Алматы, Казахстан*) **Определение условий использования процесса обогащения в тяжелых суспензиях для предварительного обогащения дробленых руд месторождения Шалкия** 104
- Телков Ш.А.¹, Мотовилов И.Ю.¹, Бостандыков А.М.¹, Барменшинова М.Б.¹, Зеленский В.П.², Малимбаев У.С.²** (*НАО «Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева», г. Алматы, Казахстан; ²АО «Жайремский ГОК», Казахстан*) **Изучение вещественного и гранулометрического состава окисленных свинцово-баритовых руд** 109
- Агибаева Д.Н.¹, Янгитилавова Б.Н.¹, Нурбулатулы А.¹, Буханов А.¹, Аскаров А.Ш.², Щеглов А.В.²** (*¹Филиал РГП «НЦ КПМС РК» Государственное научно-производственное объединение промышленной экологии «Казмеханообр», г. Алматы, Казахстан; ²ТОО «Шокпар-Гагаринское»*) **Тестирование на гравитационную обогатимость пробы золото-полиметаллической руды месторождения «Шокпар»** 115
- Шалгымбаев С.Т.¹, Ниязов А.А.¹, Ли Э.М.¹, Янгитилавова Б.Х.¹, Буханов А.Б.¹, Смолькова А.И.², Шақленн С.В.³** (*¹Филиал РГП «НЦ КПМС РК» Государственное научно-производственное объединение промышленной экологии «Казмеханообр», г. Алматы, Казахстан; ТОО «Полифлоркс», Казахстан; ³ТОО «Прогресс КазИнжиниринг», Казахстан*) **О возможности использования флокулянтов марки Флораш при обезвоживании продуктов обогащения золото-полиметаллической руды** 119
- Ли Э.М., Янгитилавова Б.Х., Агибаева Н.Д., Нурболатулы А., Буханов А.Б.** (*Филиал РГП «НЦ КПМС РК» Государственное научно-производственное объединение промышленной экологии «Казмеханообр», г. Алматы, Казахстан*) **Исследование возможности предобогащения сульфидной золото-полиметаллической руды** 124
- Семущкина Л.В.^{1,2}, Турысбеков Д.К.¹, Нарбекова С.М.¹, Калдыбаева Ж.А.¹, Мухамедилова А.М.¹** (*¹АО «Институт металлургии и обогащения», г. Алматы, Казахстан; ²НАО «Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева», г. Алматы, Казахстан*) **Влияние турбулентной микрофлотации на обогащение золотосодержащей руды** 129

**ИННОВАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР - ҚР ЭКОНОМИКАСЫНЫҢ КЕН-БАЙЫТУ
ЖӘНЕ МҰНАЙ-ГАЗ СЕКТОРЛАРЫНЫҢ НЕГІЗГІ ЖӘНЕ ҚОЛДАНБАЛЫ
МІСЕЛЕЛЕРІН ТАБЫСТЫ ШЕШУДІҢ КІЛТІ**

СӘТБАЕВ ОҚУЛАРЫНЫҢ

ЕҢБЕКТЕРІ

I Том

ТРУДЫ

САТПАЕВСКИХ ЧТЕНИЙ

**ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ – КЛЮЧ К УСПЕШНОМУ РЕШЕНИЮ
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ И ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ В РУДНОМ И НЕФТЕГАЗОВОМ
СЕКТОРАХ ЭКОНОМИКИ РК**

Том I

PROCEEDINGS

SATPAYEV'S READINGS

**INNOVATIVE TECHNOLOGIES ARE THE KEY TO SUCCESSFUL SOLVING
FUNDAMENTAL AND APPLIED PROBLEMS IN THE ORE AND OIL AND GAS
SECTORS OF THE ECONOMY OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

I volume

Алматы 2019 *Almaty*

5. Сүрімбаев Б.Н. Разработка технологии извлечения золота из сульфидных руд с использованием реагента-активатора при интенсивном цианировании: дисс... докт. филос.: 6D070900. – Алматы, 2018. – С. 68-75. – № 0618PK00527.

Б.Н. Сүрімбаев¹, Ә.Ө. Байқоңырова², Б.С. Баимбетов², Г.А. Усольцева²

Алтын құрамды шикізатты цианидті шаймалау активаторы ретінде сірке қышқылын қолданудың термодинамикалық негіздемесі

Аңдатпа. Руданың материалында алтын бетіне өтетін пассивті қосылыстарды реагент-активатор ретінде сірке қышқылының қатысуымен сілтілі цианид ортасында еріту ықтималдығы термодинамикалық тұрғыдан негізделген.

Түйінді сөздер: термодинамикалық есептеулер, реагент-активатор, сірке қышқылы, сульфидті еріту, пассивті пленкалар, алтын.

B.N. Surimbayev¹, A.O. Baikonurova², B.S. Baimbetov², G.A. Usoltseva²

Thermodynamic justification for the use of acetic acid as an activator of cyanide leaching of gold-containing raw materials

Abstract. Thermodynamically substantiates the likelihood of dissolving in an alkaline cyanide medium in the presence of acetic acid as a reagent-activator compounds, passivating the surface of gold in ore material.

Keywords: thermodynamic calculations, reagent-activator, acetic acid, sulfide dissolution, passivating films, gold.

УДК 622.7

Ш.А. Телков, И.Ю. Мотовилов, А.М. Бостандыков, М.Б. Барменшинова

Научный руководитель – Ш.А. Телков, ассоциированный профессор, к.т.н., доцент
НАО «Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева»
motovilov88@inbox.ru

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕНИЯ ОКИСЛЕННЫХ СВИНЦОВО-БАРИТОВЫХ РУД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРАВИТАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ОБОГАЩЕНИЯ

Аннотация. В работе представлены результаты полученные при разработке технологической схемы обогащения окисленных свинцово-баритовых руд с использованием гравитационных процессов обогащения.

На основании полученных результатов исследований разработана и рекомендована к использованию в промышленных условиях гравитационная технологическая схема переработки окисленной свинцово-баритовой руды, включающая в себя промывку исходной руды дробленной до 60 мм с последующим обогащением машинных классов крупностью - 60 + 12 мм, - 12 + 2,5 мм, 2,5 + 0,63 мм отсадкой и машинных классов крупностью - 0,63 + 0,071 мм и 0,071 + 0,00 мм - на концентраторах.

Результатами исследований установлено, что наиболее оптимальным вариантом является получение общего гравитационного свинцового концентрата с содержанием свинца порядка 20 % - 21 %, при котором достигается наиболее полное извлечение свинца и серебра.

Ключевые слова. свинец, барит, серебро, отсадка, концентрация на столе, центробежная концентрация

Республика Казахстан характеризуется наличием полезных ископаемых и крупными запасами различного минерального сырья.

Минерально-сырьевой комплекс Казахстана занимает заметное положение в мировом минерально-сырьевом балансе, играет важную роль в Евро-Азиатском регионе, а также имеет высокий потенциал дальнейшего развития и повышения влияния на мировом минерально-сырьевом рынке. По состоянию запасов на 01.01.2003 г. свинца 22% - 1 место, барит 47,2% - 1 место. По добыче свинца 6 место.

Одним из месторождений свинцово-баритовых руд в Казахстане является месторождение Ушкатын III. Участок барит-свинцовых руд на месторождении представлен различными технологическими типами: окисленные свинцовые, окисленные свинцово-баритовые, смешанные свинцово-баритовые, сульфидные свинцово-баритовые, баритовые и пироморфитовые.

Основными рудными минералами являются галенит, церуссит и в незначительных количествах встречаются вторичные минералы англезита и пироморфита. Нерудные минералы представлены баритом, кварцем, кальцитом и каолином.

Авторами статьи ранее был изучен минералогический и гранулометрический состав окисленных свинцово-баритовых руд [1]. Учитывая результаты полученные при изучении гранулометрического состава, которые позволили определить машинные классы крупности для гравитационного обогащения были выполнены исследования по разработке технологической схемы обогащения на следующих машинных классах крупности:

- машинный класс крупностью – 60 + 12 мм – отсадкой;
- машинный класс крупностью – 12 + 2,5 мм – отсадкой;
- машинный класс крупностью – 2,5 + 0,63 мм – отсадкой;
- машинный класс крупностью – 0,63 + 0,071 мм – на концентрационном столе;
- машинный класс крупностью – 0,071 + 0,00 мм – на центробежном концентраторе.

Таблица 1 – Гранулометрический состав и характер распределения свинца, барита и серебра по классам крупности

Классы крупности, мм	Выход, %	Содержание, %			Извлечение, %		
		свинца	серебра, г/т	барита	свинца	серебра	барита
– 60 + 40	2,72	0,12	2,30	0,71	0,04	0,18	0,42
– 40 + 20	3,23	7,69	44,7	6,46	3,40	4,31	4,48
– 20 + 12	2,60	11,04	46,42	5,62	3,93	3,62	3,14
– 12 + 5	3,59	13,46	64,82	9,47	6,63	6,98	7,31
– 5 + 2,5	2,20	14,64	71,50	9,64	4,41	4,71	4,55
– 2,5 + 1,25	3,74	12,95	65,30	9,88	6,64	7,32	7,94
– 1,25 + 0,63	5,33	12,38	53,90	9,74	9,05	8,61	11,16
– 0,63 + 0,315	4,95	14,15	56,60	10,55	9,59	8,39	11,21
– 0,315 + 0,16	5,26	16,04	64,10	10,60	11,57	10,11	11,99
– 0,16 + 0,071	5,54	15,04	47,40	7,05	11,40	7,86	8,38
– 0,071 + 0,0	60,84	4,00	20,80	2,25	33,34	37,91	29,42
Итого	100,0	7,30	33,38	4,65	100,0	100,0	100,0

При отсадке классов крупностью 60 – 12 мм и 12 – 2,5 мм осуществлялась последовательность операций отсадки согласно условиям обогащения в трехкамерной отсадочной машине при следующих параметрах: частота пульсаций 56 кол/мин, амплитуда колебаний 100 – 110 мм, цикл пульсаций синусоидальный (50 – 0 – 50), высота естественной постели 250 мм, размер отверстий решета 2,0 мм, удельная производительность 10 т/час · м², расход воды 5 м³/т [2].

Обогащение класса крупностью – 2,5 + 0,63 мм осуществлялось в лабораторной 2-х

камерной диафрагмовой отсадочной машине с искусственной постелью, при удельной производительности $8 \text{ т/ч}\cdot\text{м}^2$, частоте пульсаций 220 – 250 кол/мин, амплитуде колебаний 6 мм, высоте искусственной постели 40 – 60 мм представленной свинцовым концентратом крупностью 8 – 15 мм, размер отверстий решета – 6 мм, расход транспортной и подрешетной воды составил $3 \text{ м}^3/\text{т}$.

Обогащение класса крупностью $-0,63 + 0,071 \text{ мм}$ осуществлялось на концентрационном столе типа СКО – 0,5 при амплитуде колебаний 14 мм, частоте 350 кол/мин и удельной производительности $0,25 \text{ т/ч}\cdot\text{м}^2$ [3].

Обогащение тонких классов (шламов) крупностью $0,071 - 0,0 \text{ мм}$ выполнялось на центробежном концентраторе с диаметром чаши 200 мм и числом оборотов 500 об/мин.

На основании полученных результатов разработана технологическая схема, представленная на рисунке 1. Получаемые технологические показатели приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Технологические показатели обогащения – Баланс металлов

Продукты	Выход, %	Содержание, %			Извлечение, %		
		Pb	Ag, г/т	BaSO ₄	Pb	Ag	BaSO ₄
Концентрат 60-12 мм	3,23	19,49	80,1	14,42	8,61	7,75	11,86
Концентрат 12-2,5 мм	3,48	20,50	88,91	15,13	9,75	9,27	13,41
Концентрат 2,5-0,63 мм	4,87	20,59	66,57	15,01	13,72	9,71	18,63
Концентрат 0,63-0,071 мм	11,9	20,39	82,71	5,46	33,17	29,49	16,55
Концентрат 0,071-0,0 мм	4,56	19,99	44,8	6,99	12,47	6,12	8,11
Итого концентрат	28,03	20,27	74,2	9,60	77,72	62,34	68,56
Хвосты 60-12 мм	5,32	0,48	6,88	1,26	0,35	1,1	1,70
Хвосты 12-2,5 мм	2,31	0,57	15,66	0,71	0,19	1,08	0,42
Хвосты 2,5-0,63 мм	4,2	1,46	21,19	2,33	0,83	2,67	2,48
Хвосты 0,63-0,071 мм	3,84	0,19	8,87	0,08	0,11	1,02	0,08
Хвосты 0,071-0,0 мм	56,28	2,70	18,86	1,87	20,8	31,79	26,76
Итого хвосты	71,97	2,26	17,50	1,72	22,28	37,66	31,44
Руда	100,0	7,31	33,38	3,93	100,0	100,0	100,0

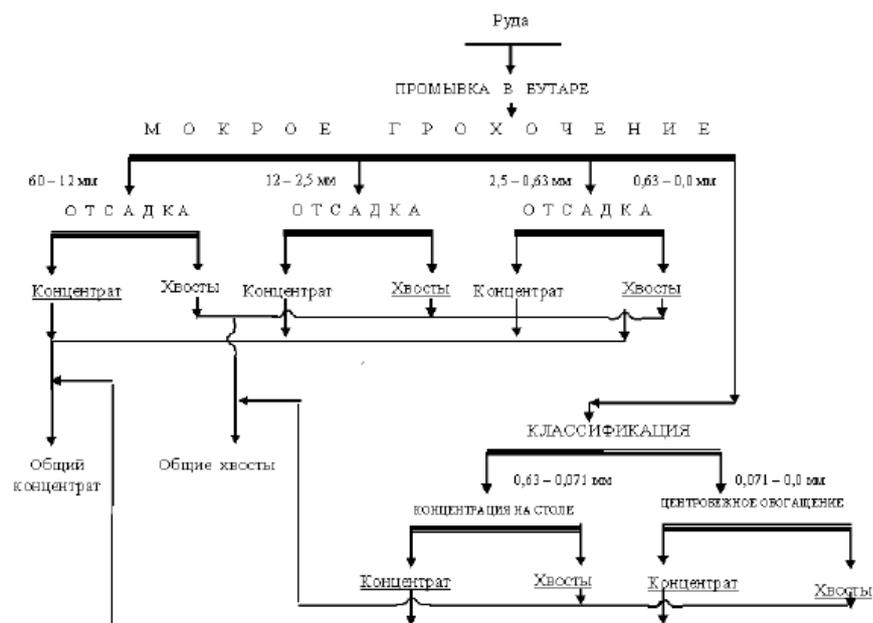


Рисунок 1 – Технологическая схема переработки окисленных свинцово-баритовых руд

Лабораторными исследованиями, по гравитационному обогащению окисленной свинцово-баритовой руды, установлено, что наибольшее извлечение свинца и серебра происходит при получении общего концентрата со средним содержанием свинца 20,27 % и серебра 74,20 %. Выход общего концентрата составил 28,03 %, при общем извлечении свинца 77,72 % и серебра 62,34 %, таблица 2.

Выводы:

На основании полученных результатов исследований разработана и рекомендована к использованию в промышленных условиях гравитационная технологическая схема переработки окисленной свинцово-баритовой руды, включающая в себя промывку исходной руды дробленной до 60 мм с последующим обогащением машинных классов крупностью - 60 + 12 мм, - 12 + 2,5 мм, 2,5 + 0,63 мм отсадкой и машинных классов крупностью - 0,63 + 0,071 мм и 0,071 + 0,0 мм - на концентрационных столах и центробежных концентраторах.

По предложенной технологической схеме переработки окисленной свинцово-баритовой руды, возможно получение гравитационных концентратов с различными содержаниями свинца.

Наиболее рациональным является получение общего гравитационного свинцового концентрата с содержанием свинца порядка 20 % - 21 %, при котором достигается наиболее полное извлечение свинца и серебра.

Литературы:

1. Телков Ш.А., Мотовилов И.Ю., Бостандыков А.М., Барменшинова М.Б., Зеленский В.П. Малимбаев У.С. Изучение вещественного и гранулометрического состава окисленных свинцово-баритовых руд // МАТЕРИАЛЫ Международной научно-практической конференции «Эффективные технологии производства цветных, редких и благородных металлов», посвященной проблемам металлургической науки и промышленности и памяти известного ученого-металлурга, члена-корреспондента Академии наук РК, лауреата Государственной премии Республики Казахстан Булата Балтакаевича Бейсембаева, Алматы 2018. - С.109-114.

2. Райвич И. Д. Отсадка крупнокусковых руд. – М.: Недра, 1988.

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

Ш.А. Телков, И.Ю. Мотовилов, А.М. Бостандыков, М.Б. Барменшинова Гравитациялық байыту процестерін пайдаланып, тотыққан қорғасын-барит кендерін байыту технологиясын әзірлеу

Түйіндеме. Гравитациялық байыту процестерін пайдаланып тотыққан қорғасын-баритті кендерді байытудың технологиялық схемасын әзірлеу кезінде алынған нәтижелер көрсетілген.

Алынған зерттеу нәтижелері бойынша тотыққан қорғасын-барит кенін өңдеуге арналған гравитациялық технологиялық сұлба өнеркәсіптік жағдайларда пайдалану үшін ұсынылды, сұлба бойынша 60 мм-ге дейін ұсақталған кен түйіршіктері жуылып, 60 + 12 мм, - 12 + 2,5 мм, 2,5 + 0,63 мм іріліктегі кен отсадкамен байытылады, сонымен қатар - 0,63 + 0,071 мм және 0,071 + 0,00 мм іріліктегі кен жинағыш столда және центрифугалық концентраторларда байытылады.

Зерттеу нәтижелері бойынша, құрамында қорғасын үлесі 20-21% болатын гравитациялық концентратты алу ең қолайлы нұсқа болып табылады және осы жағдайда қорғасын мен күмістің бөліп алу дәрежесі жоғарғы деңгейде болады.

Түйінді сөздер. қорғасын, барит, күміс, отсадка, жинағыш столда байыту, центрифугалық концентрация.

Sh.A. Telkov, I.Y. Motovilov, A.M. Bostandykov, M.B. Barmenshinova Development of enrichment technology for oxidized lead-barite ores using gravity enrichment processes

Summary. The paper presents the results obtained during the development of the technological scheme of oxidized lead-barite ores beneficiation using gravity enrichment processes.

Based on the obtained research results, a gravitational technological scheme for processing oxidized lead-barite ore was developed and recommended for use in industrial conditions, which includes washing of the original crushed to

Дүйсенбай А.Б., Байгенженов О.С. Асбест өндірісі қалдықтарын шаймалау процесінде алынған ерітіндіден никельді ДИЭГФК экстрагентімен экстракциялау	725
Есенгазиев А.М., Онаев М.И., Ультаракова А.А., Улдаханов О.Х. Переработка хлоридных отходов титаномагниевого производства	728
Жекенбай А.К., Алтмышбаева А.Ж., Байконурова А.О., Маркаметова М.С., Усольцева Г.А. Изучение условий синтеза ксерогеля ванадия	733
Жолдатаев В.М. Опыт промышленной эксплуатации биполярных электролизеров	736
Карелин В.А., Сазонов А.В., Карелина Н.В. Ультразвуковая обработка титан-циркониевых россыпей	740
Қожабеков Р.Р., Чепуштанова Т.А. Изучение процесса сульфидирования окисленных минералов цветных металлов в присутствии пирита	743
Магомедов Д.Р., Койжанова А.К. Выщелачивание золота из хвостов сорбции с использованием поверхностно-активных веществ и окислителей	747
Мамбетжанова А.М., Болотова Л.С., Мамырбаева К.К., Луганов В.А. Гидродинамические характеристики окомкованной медно-никелевой руды	751
Мамырбаева К.К., Бакберген Ж., Магомедов Д.Р. Изучение извлечения золота цианированием из окисленной руды	754
Найманбаев М.А., Лохова Н.Г., Балтабекова Ж.А., Касымжанов К.К., Кенжалиев Б.К. Извлечение редкоземельных металлов в продукционный раствор из отхода производства фосфорной кислоты	758
Осеров Т.Б., Мухаметтусупов Д.Е., Гусейнова Г.Д. Механохимический метод синтеза полисульфида натрия	762
Палеха С.А., Смаилов С.А. Повышение эффективности десульфурации на агрегате печь-ковш	767
Сарсембеков Т.К. Перспективы комплексной переработки Сатпаевского ильменитового концентрата	770
Суримбаев Б.Н., Байконурова А.О., Баимбетов Б.С., Усольцева Г.А. Термодинамическое обоснование применения уксусной кислоты в качестве активатора цианидного выщелачивания золотосодержащего сырья	775
Телков Ш.А., Мотовилов И.Ю., Бостандыков А.М., Барменшинова М.Б. Разработка технологии обогащения окисленных свинцово-баритовых руд с использованием гравитационных процессов обогащения	779
Улдаханов Ө.Х., Мамырбаева К.К., Бакберген Ж. Мысты экстракциямен бөліп алуға үшінші фазаның түзілуін азайтуды зерттеу	783
Шаутенов М.Р., Нурманова А.Н., Бакраева А. Исследования по извлечению полезных компонентов из золошлаковых отходов	787
Шаутенов М.Р., Нурманова А.Н. Аппарат для модифицирования флотационных реагентов на основе энергетических воздействий	792
Shautenov M. R., Askarova G.E., Abdirassil K.R. Enrichment of sulfide copper-molybdenum ore and getting collective copper-molybdenum concentrate	796
M. Gradzka-Dahlke, M. Lepicka Titanium-based composite materials for biomedical applications	799
H. Homolka, K. Dębiński, M. Grygorczuk, M. Grądzka-Dahlke Applications of powder metallurgy in high entropy alloys – a review	804

Секция «Роль геодезии и маркшейдерии в цифровом Казахстане»

Абенов Ө., Қырғызбаева Г.М. Цифрлы Қазақстандағы геодезияның атқарар ролі	809
Адилбекова Л.Қ., Қырғызбаева Г.М. Құрама тәсілмен кен игерудегі геомеханикалық процесстерді зерттеу	813
Аймбетова Г.А., Цычуева Н.Ю. Обзор современных геодезических методов изучения геодинамических процессов	817
Айтқожаева Т., Нұрпейісова М.Б. Алматы метрополитен аймағындағы ғимараттардың орнықтылығын бақылауда заманауи аспаптарды қолдану	821
Аталыкова Н.С., Солтабаева С.Т. Жерге орналастыру саласында заманауи аспаптарды пайдалану	825