

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

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

Горно-металлургический институт имени О.А. Байконурова

Кафедра «Металлургия и обогащение полезных ископаемых»

Ахметова Аида Сексенқызы

Исследования по оптимизации реагентного режима флотационного обогащения медной руды  
месторождения Актогай

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

7M07226 – Обогащение полезных ископаемых

Алматы 2024

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

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

Горно-металлургический институт имени О.А. Байконурова

УДК 665.622.43.046.6-52 (043)

На правах рукописи

Ахметова Анда Сексенқызы

### МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

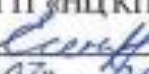
На соискание академической степени магистра

Название диссертации Исследования по оптимизации реагентного режима  
флотационного обогащения медной руды месторождения  
Актогай

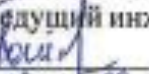
Направление подготовки 7М07226 – Обогащение полезных ископаемых

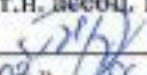
Научный руководитель  
к.т.н. асоц. профессор  
  
М.Б. Барменшинова  
«07» 06 2024г.

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

Рецензент  
Доктор PhD, старший научный сотрудник  
лаборатории благородных металлов филиала  
РГП «НЦ КПМС РК» ГНПОПЭ «Казмеханобр»  
  
Е.К. Есенгараев  
«07» 06 2024г.

  
Подпись Есенгараева Е.К. заверено  
Ученый секретарь филиала РГП НЦ  
КПМС РК ГНПОПЭ «Казмеханобр»  
«07» 06 2024г.

Нормоконтроль  
Ведущий инженер кафедры «МиОПИ»  
  
А.Н. Таймасова  
«06» 06 2024г.

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ  
Зав. кафедрой «МиОПИ»  
к.т.н. асоц. профессор  
  
М.Б. Барменшинова  
«07» 06 2024г.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

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


Горно-металлургический институт имени О.А. Байконурова

Кафедра «Металлургия и обогащение полезных ископаемых»

7M07226 – «Обогащение полезных ископаемых»

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой «МиОПИ»  
к.т.н. асоц. профессор

 М.Б. Барменшинова  
«15» 01 2024 г.

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение магистерской диссертации**

Магистранту Ахметова Аида Сексенқызы

Тема: Исследования по оптимизации реагентного режима флотационного обогащения медно-й руды месторождения Актогай

Утверждена приказом Ректора университета № 408-П от «23» ноября 2022 г.

Срок сдачи законченной диссертации «12» 06 2024 г.

Исходные данные к магистерской диссертации: *научная, учебная и методическая литература по теме диссертации, данные о месторождении.*

Перечень подлежащих разработке в магистерской диссертации вопросов:

- а) анализ современного состояния переработки медных руд флотационным методом обогащения;*
- б) исследования в лабораторных условиях по оптимизации реагентного режима сульфидной медно-молибденовой руды месторождения Актогай;*
- в) сравнительные флотационные испытания базовых реагентов собирателей и собирателей компании Clariant в лабораторных условиях;*
- г) краткий технико-экономический расчет по применению нового реагента собирателя.*

Перечень графического материала: представлены \_\_ слайдов презентационной работы.

Рекомендуемая основная литература:

1 L. Semushkina, G. Abdykirova, D. Turysbekov, S. Narbekova, Zh. Kaldybayeva, A. Mukhamedilova. Flotation processing of copper-molybdenum ore using a combined flotation reagent / *Metalurgiya* 61 (2022) 1, 225-228.

2 В.А. Wills, T.J. Napier-Munn. Mineral Processing Technology. An Introduction to the Practical Aspects of Ore Treatment and Mineral Recovery / Publisher: Elsevier Science & Technology Books, – October 2006.

3 Абрамов А.А. Флотационные методы обогащения: Учебник. – 4-е изд., переработ. и доп. — М.: Издательство «Горная книга», 2016. — 595 с.






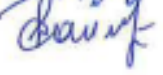
## ГРАФИК

подготовки магистерской диссертации

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Введение	25.12.2023	
Аналитический обзор литературы	05.02.2024	
Методика исследований	29.03.2024	
Экспериментальная часть	03.05.2024	
Заключение	20.05.2024	

## Подписи

консультантов и норм контролера на законченную диссертацию с указанием относящихся к ним разделов диссертации

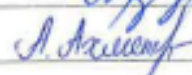
Наименование раздела	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Введение	М.Б. Барменшинова Зав. кафедрой «МиОПИ» к.т.н. ассоц. профессор	25.12.2023	
Аналитический обзор литературы		05.02.2024	
Методика исследований		29.03.2024	
Экспериментальная часть		03.05.2024	
Заключение		20.05.2024	
Нормоконтролер	А.Н. Таймасова Ведущий инженер кафедры «МиОПИ»	04.05.2024 г.	

Научный руководитель



М.Б. Барменшинова

Задание принял к исполнению обучающийся



А.С. Ахметова

Дата

« 7 » 06 2024 г

## АНДАТПА

Магистрлік диссертация тапсырмадан, кіріспеден, 5 тараудан, қорытындыдан және пайдаланылған әдебиеттер тізімінен тұрады. Жұмыста 20 сурет, 17 кесте бар. Пайдаланылған әдебиеттер тізіміне 20 атау кіреді.

Зерттеу нысаны Ақтоғай кен орнының мыс-молибден сульфидті кені болды.

Зерттеудің мақсаты – реагенттердің әртүрлі дозаларын қолдану арқылы Ақтоғай кен орнының мыс-молибден кенін флотациялық байытудың тиімділігін арттыру және оңтайлы реагенттік режимді таңдау.

Зерттеулер көрсеткендей, флотацияға берілетін материалдың оңтайлы ірілігі: 55% - 0,074 мм класс; оңтайлы рН мәні – 10-10,2 диапазоны; флотациялық байытудың ең жақсы көрсеткіштері IPETC жинағышын 12 г/т беру кезінде алынды; тұтыну X-133 көбіктендіргіштің 12-16 г/т диапазонында берілуі оңтайлы екені анықталды.

Жаңа EFNA 123/18 реагентін дизель қоспай қолданған кезде мысты 90,1% жоғары бөліп алуына қол жеткізілді. Негізгі реагенттік режимді дизель қоспай EFNA 123/18 жинағышын пайдаланған кезде 86,4%, 3,3% жоғары Мо бөліп алу көрсетілді. Hostafлот™ 10010 коллекторын пайдалану кезінде 20 г/т және 5 г/т дизель шығыны кезінде, тиісінше 91,2% және 86,2% мыс пен молибденнің жоғары бөліп алуға қол жеткізілді.

## АННОТАЦИЯ

Магистерская диссертационная работа состоит из задания, введения, 5 глав, заключения и списка использованной литературы. Работа включает 20 рисунков, 17 таблиц. Список использованной литературы включает 20 наименований.

Объектом исследования являлась медно-молибденовая сульфидная руда месторождения Ақтоғай.

Цель исследований – повышение эффективности флотационного обогащения медно-молибденовой руды месторождения Ақтоғай с помощью применения различных дозировок реагентов и выбор оптимального реагентного режима.

Исследования показали, что оптимальная крупность питания флотации: 55% класса – 0,074мм; оптимальной величиной рН является диапазон 10-10,2; наилучшие показатели флотационного обогащения были получены при подаче собирателя IPETC 12 г/т; расход диапазон 12-16 г/т пенообразователя X-133 выявлен оптимальным.

При применении нового реагента EFNA 123/18 без добавления дизеля достигнуто высокое извлечение меди 90,1%. Базовым реагентном режимом получено извлечение Мо 86,4%, выше на 3,3% при использовании EFNA 123/18 без добавления дизеля. При использовании коллектора Hostafлот™ 10010 получено высокое извлечение меди и молибдена 91,2% и 86,2% соответственно, при расходах 20 г/т и дизеля 5 г/т.

## ANNOTATION

The master's thesis consists of a task, an introduction, 5 chapters, a conclusion and a list of references. The work includes 20 figures, 17 tables. The list of references includes 20 titles.

The object of the study was the copper-molybdenum sulfide ore of the Aktogay deposit.

The purpose of the research is to increase the efficiency of flotation enrichment of copper-molybdenum ore from the Aktogay deposit by using various dosages of reagents and choosing the optimal reagent regime.

Studies have shown that the optimal flotation feed size is 55% of the -0.074mm class; the optimal pH value is the range 10-10.2; the best flotation enrichment indicators were obtained when feeding the IPETC collector 12 g/t; the consumption range 12-16 g/t of the X-133 foaming agent was found to be optimal.

When using the new EFNA 123/18 reagent without the addition of diesel, a high copper recovery of 90.1% was achieved. The basic reagent mode obtained the extraction of Mo 86.4%, higher by 3.3% when using EFNA 123/18 without the addition of diesel. When using the Hostaflo<sup>TM</sup> 10010 collector, high recovery of copper and molybdenum was obtained by 91.2% and 86.2%, respectively, at a consumption of 20 g/t and diesel of 5 g/t.

## СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	8
1	Анализ современного состояния переработки медных руд флотационным методом обогащения	10
1.1	Совершенствование процессов рудоподготовки	10
1.2	Современное оборудование цикла флотации медных руд	11
1.3	Минеральный и химический состав медных руд	14
1.4	Реагентный режим и технологические схемы флотационного обогащения медных руд	15
1.5	Современные флотореагенты, используемые для обогащения медно-молибденовых руд	18
1.5.1	Реагенты-собиратели	18
1.5.2	Реагенты-пенообразователи	20
1.5.3	Реагенты-депрессоры	21
2	Объект и методы исследования	24
2.1	Объект исследования	24
2.2	Изучение химического и фазового состава руды	25
2.3	Минералогический анализ исследуемой руды	26
3	Исследования в лабораторных условиях по оптимизации реагентного режима сульфидной медно-молибденовой руды месторождения Актогай	34
3.1	Определение оптимальной крупности в питании флотации	34
3.2	Исследования по подбору оптимальной величины рН	39
3.3	Исследования по подбору оптимального расхода собирателя IPETC и пенообразователя Ogerper X-133	41
4	Сравнительные флотационные испытания базовых реагентов собирателей и собирателей компании Clariant (Швейцария) в лабораторных условиях	45
5	Краткий технико-экономический расчет по применению нового реагента собирателя	49
	Заключение	50
	Список использованной литературы	52
	Приложение А	54

## ВВЕДЕНИЕ

### *Обоснование необходимости проведения НИР.*

В настоящее время месторождение Актогай ТОО «Каз Минералз» сталкивается с проблемой увеличения содержания в руде окисленной меди и пирита, в связи с этим необходимо подбирать оптимальный реагентный режим флотации. Повышенное содержание железа (Fe) в пирите и окисленных минералов меди в руде значительно уменьшают эффективность обогащения и извлечение минералов из сырья, что не позволяет получить кондиционные концентраты.

### *Актуальность работы.*

Для поддержания прогресса в области технологий флотационного обогащения необходимы достаточные запасы меди и молибдена. Однако перерабатываемая руда имеет неравномерное содержание металлов, и их извлечение с каждым годом требует применения все более современных и усовершенствованных технологий оборудования и реагентов. В связи с этим одним из ключевых аспектов при флотационном обогащении сульфидных медно-молибденовых руд является поиск и применение эффективных и недорогих реагентов с правильной дозировкой, повышающих селективность и скорость процесса, что подчеркивает актуальность исследований в этой области.

### *Цели и задачи научной работы.*

Цель исследований – повышение эффективности флотационного обогащения медно-молибденовой руды месторождения Актогай с помощью применения различных дозировок реагентов и выбор оптимального реагентного режима.

### *Основные задачи:*

1) исследование свойств исходной руды; лабораторные флотационные испытания с различным расходом реагентов в цикле коллективной флотации медно-молибденовой руды;

2) сравнительные флотационные испытания новых реагентов в лабораторном режиме.

### *Методы исследований:*

Для решения поставленной задачи использованы следующие методы исследований: химический и фазовый анализ, минералогический анализ, гранулометрический анализ, дифрактометрический и микроскопический анализ, флотационные опыты на медно-молибденовой руде Актогайского месторождения в лабораторных условиях.

*Объект исследования* – медно-молибденовая сульфидная руда месторождения Актогай.

### *Научная новизна:*



1) изучение применения новых реагентов собирателей во флотационном обогащении медно-молибденовой руды, заменяющих или частично сокращающий расход аполярного собирателя – дизельного топлива, который негативно влияет на последующие процессы обогащения;

2) определение оптимального реагентного режима и параметров флотации медно-молибденовой руды.

*Практическая значимость.*

С переходом к переработке бедных руд и увеличения производительности обогатительных фабрик повышение технико-экономических показателей флотационного обогащения обеспечивает предприятию существенную экономию.

## **1 Анализ современного состояния переработки медных руд флотационным методом обогащения**

Современное состояние переработки медных руд флотационным методом обогащения характеризуется как высокоэффективным и широко распространенным способом обогащения медных руд, особенно сульфидных и окисленных. Подсчитано, что около 90% меди получают из первичных руд наиболее эффективным методом – пенной флотации, а остальные 10% перерабатываются металлургическим путем.

Флотация является одним из наиболее широко используемых методов извлечения ценных минералов от пустой породы при переработке полезных ископаемых, благодаря своей способности обрабатывать тонковкрапленное, низкосортное и сложное сырье с мелким размером частиц.

В последнее время отмечается невысокое содержание меди в руде, что вызвано исчерпанием богатых медных ресурсов. В связи с этим технологическая схема переработки медной руды разрабатывается для каждой конкретной руды, также требуется применение современных технологических решений, эффективных реагентных режимов флотации, высокопроизводительного оборудования. Эффективность флотационного обогащения определяется улучшением реагентного режима и использованием флотационных реагентов, учитывая, что флотация является основным методом извлечения цветных металлов [1].

### **1.1 Совершенствование процессов рудоподготовки**

С истощением запасов и переходом к переработке бедных, мелкокрапистых руд, обогатительные фабрики увеличивают свою производительность, внедряя высокопроизводительное оборудование.

На обогатительных фабриках большой производительности первичное дробление осуществляется в гирационных дробилках. На сегодняшний день на многих фабриках установлена гирационная дробилка «Superior МКII» компании «Metso (Финляндия)». Недавно эта компания выпустила новую линейку дробилок «Superior МКIII», производительность которых составляет от 5250 до 17000 т/ч. На фабриках небольшой производительности в первой стадии дробления используют щековые дробилки «Nordberg C» фирмы «Metso» (Финляндия) производительностью от 335 до 1435 т/ч.

Важным аспектом является выбор оборудования для измельчения и флотации, где мельницы само- и полусамозмельчения играют важную роль в исключении среднего и мелкого дробления. В настоящее время на обогатительных фабриках преобладают схемы, в которых на 1-й стадии

измельчения используются мельницы само- и полусамоизмельчения (ПСИ), то есть мельницы SAG (Outotec, Финляндия). Для упорной медной руды более выгодно применять стадийный процесс измельчения и флотации, включая повторное измельчение и повторное разделение крупного концентрата.

Конкурирующим вариантом технологии само-полусамоизмельчения остается применение валкового пресса высокого давления (ВПВД). ВПВД устанавливаются на 3-й стадии дробления вместо мелкого дробления либо при высокой крепости руд на 4-й стадии дробления, что позволяет осуществить разупрочнение руды перед шаровым измельчением. Схема рудоподготовки на фабрике «Metcalf» (США) включает две стадии дробления: крупное в гирационной дробилке и среднее в конусной дробилке фирмы «Metso» (Финляндия) в замкнутом цикле с грохотом до крупности 80 % класса –41 мм. Тонкое дробление проводится в валковом прессе в замкнутом цикле с грохотами, затем выполняется измельчение в шаровой мельнице, работающей в замкнутом цикле с гидrocиклонами, до 80 % класса 250 мкм [2].

Процесс полусамоизмельчения является весьма чувствительным к изменению гранулометрического состава и прочностных свойств поступающей руды, что может снижать производительность рудоподготовительного передела. Для решения этой проблемы к общеизвестным операциям, оптимизирующим работу мельниц ПСИ (догрузка шаров и додрабливание гали с последующим возвращением дробленого материала в питание мельницы), применяются современные решения — например, использование отдельной операции дезинтеграции для дробленой гали в шаровой мельнице или ИВВД. На Михеевском горно-обогатительном комбинате (ГОК) образующаяся рудная галья на разгрузке мельницы ПСИ крупностью –65+12 мм после додрабливания в конусной дробилке до 80 % класса –15 мм идет в питание отдельно работающей шаровой мельницы измельчения гали. В Казахстане на обогатительной фабрике Бозшаколь, как и на обогатительной фабрике Актогай дробленая рудная галья направляется в ИВВД, работающие в замкнутом цикле с грохотом, подрешетный продукт которого поступает в зумпф шаровой мельницы.

На фабрике «Metcalf» (США) был успешно внедрен крупнейший в мировой практике роллер-пресс «HRC3000» производительностью 4928 т/ч для тонкого дробления в замкнутом цикле с грохотами фирмы «Schенck» (Германия) 4×10 м.

Преимущество само-полусамоизмельчения заключается в простоте и надежности схемы при эксплуатации по сравнению с ВПВД. Однако в случае ИВВД снижаются затраты на электроэнергию на 15–30 %.

## 1.2 Современное оборудование цикла флотации медных руд

В настоящее время на обогатительных фабриках чаще используют большеобъемные камеры для основной и контрольной операций флотации. Флотомшины «TankCell» (Outotec, Финляндия) имеют модельный ряд с номинальным объемом камер до 630 м<sup>3</sup>, у флотомашин «Super Cell» (FLSmidth, Дания) объем камер составляет до 600 м<sup>3</sup>. Применение флотомашин с объемом камер 630 м<sup>3</sup> на стадии основной флотации позволило повысить извлечение на фабрике «Buena Vista del Cobre» (BVC) в Северной Мексике более чем на 3% и увеличить содержание меди в концентрате до 24 %. Во флотомашинах с механизмом перемешивания «Float Force» (Outotec, Финляндия) контакт между пузырьками и частицами в зоне сдвига между ротором и статором максимизирован. Контакт крупных частиц с воздушными пузырьками происходит за счет интенсивного и спокойного перемешивания, что позволяет достигнуть максимального извлечения благодаря уменьшению количества «отрывов» частиц от воздушных пузырьков. Флотационный передел на фабрике состоит из двух параллельных секций производительностью соответственно 90 тыс. и 100 тыс. т/сут. На каждой секции было установлено по одной флотомашине «TankCell e630» (Outotec, Финляндия), и объем основной флотации увеличился с 3043 до 4303 м<sup>3</sup>.

Широкое применение на стадии перечистных операций флотации нашли колонные флотомшины, работающие как в сочетании с механическими флотомашинами, так и самостоятельно. Их использование позволяет достичь высокого содержания металла в концентрате для частиц размером < 150 мкм. На фабрике «Minera Candelaria» (Чили), на стадии перечистой флотации которой работают колонные флотомшины, содержание меди в концентрате составляет около 30 %.

Для доизмельчения концентрата основной флотации все чаще вместо барабанных мельниц стали применяться мельницы тонкого и сверхтонкого измельчения «Vertimill», «Stirred Media Detritor» (Metso, Финляндия), «VXPmill» (FLSmidth, Дания), «HIGmill» (Outotec, Финляндия), имеющие вертикальную компоновку, и горизонтальная мельница «Isamill» (Glencore Technology, Австралия). Эти мельницы доизмельчения имеют ряд преимуществ по сравнению с барабанными мельницами: сокращение времени измельчения, отсутствие в продукте мельницы засорения железным скрапом, снижение энергоемкости процесса, уменьшение расхода измельчающей среды (в среднем на 30 %), достижение необходимой тонины помола, удобство в обслуживании и др.

Измельчение в мельнице «Isamill», по сравнению с традиционным измельчением в стальной среде, помимо высвобождения минералов, заключенных в тонкой фракции, также оказывает положительное влияние на

извлечение минералов при флотации, способствуя ее ускорению при меньшем расходе реагентов, а также исключая воздействие стальной среды на поверхность минералов. Данное воздействие при измельчении в мельницах со стальной средой можно частично ослабить за счет повышения рН среды, а также путем увеличения подачи реагентов в операциях при флотационном обогащении, но при этом селективность процесса снижается [2,15].

Автоматическое управление используется все чаще, и число стратегий управления почти равно количеству задействованных установок. Ключом к эффективному управлению является химический анализ в режиме онлайн, который позволяет в режиме реального времени анализировать состав металлов в технологических потоках. Стратегии управления реализуются в распределенных системах управления (DCS) или программируемых логических контроллерах (PLC) [3].

В последние годы большинство предприятий переходят на автоматизированные системы управления по следующим причинам:

- максимизирование точности производственных показателей;
- дистанционное управление технологическим процессом;
- повышение эффективности работы и персонала и улучшение условия труда;
- улучшение управляемости на предприятии;
- сокращение простоев, исключение аварийных ситуаций и т.д.

Одной из систем АСУП является технология VisioFroth™, передовая система анализа изображений, разработанная компанией Metso и предназначенная для измерения и анализа различных свойств пены во флотационных камерах в реальном времени. Эта система считается лидером отрасли, поскольку уже более 1400 камер установлены более чем на 60 заводах по всему миру. VisioFroth™ 4, последняя версия, предоставляет расширенные возможности для мониторинга и оптимизации процессов флотации, включая измерение распределения пузырьков пены по размерам, цвета, стабильности, текстуры, скорость съема пены и других параметров. Эта технология используется для максимального извлечения полезных ископаемых и снижения энергопотребления в различных отраслях промышленности, включая добычу полезных ископаемых и производство агрегатов.

VisioFroth™ была успешно внедрена в различных областях применения, например, на заводе RTV Bor в Сербии, где она использовалась для постоянной оптимизации производительности установки и извлечения металла, а также на заводе Brushy Creek в США, где она помогла улучшить извлечение цинка и снизить расход медного раствора.

Система использует удаленные камеры для получения изображений минеральной пены, которые затем анализируются по различным параметрам с помощью специализированного программного обеспечения. Эти данные

используются для предоставления обратной связи операторам в режиме реального времени, что позволяет им вносить коррективы для оптимизации процесса флотации и достижения более высоких показателей извлечения.

Технология VisioFroth™ была признана за ее способность оптимизировать процесс, улучшать извлечение полезных ископаемых и снижать энергопотребление, что делает ее ценным инструментом для горнодобывающей промышленности [4].

### **1.3 Минеральный и химический состав медных руд**

Медь извлекается путем переработки сульфидных, окисленных, а также смешанных медных руд. К промышленным сульфидным медным рудам относятся руды, которые содержат 0,3-0,4% и более меди, представленной не менее чем на 85-90% сульфидными минералами, как халькопирит, борнит и халькозин. Пирит, сульфид железа является часто сопровождающим сульфидов меди в рудах как постоянный компонент. Окисленными медными минералами являются легкофлотируемые малахит, азурит, куприт, тенорит, атакамит и труднофлотируемые: хризоколла, диоптаз. В смешанных рудах содержатся практически неизвлекаемые фосфаты и алюмосиликаты меди, также тесно связанная медь с гидроксидами железа и марганца. Содержание сульфидов железа в виде пирита, марказита, пирротина в медных рудах варьирует в медистых песчанниках от нескольких процентов и 65–85% в медистых пиритах. Пирит часто сопровождается благородными металлами, как золото, серебро, и металлами платиновой группы. Молибденит является практически единственным извлекаемым молибденовым минералом, присутствующим в медных рудах [5].

В большинстве случаев сульфидные медные руды имеют неравномерную вкрапленность минералов меди, что требует применения сложных многостадийных схем обогащения. Сrostки сульфидов меди с пиритом и породообразующими минералами, как правило, удается разделить после сравнительно грубого измельчения руды до 50-65% класса -0,074 мм. Для раскрытия этих сrostков требуется доизмельчение черного концентрата, промежуточного продукта, или обоих продуктов обогащения до 80-95% -0,074 мм класса крупности [6].

Все медно-порфиновые руды – основной тип медно-молибденовых месторождений. Содержание молибдена в них колеблется в пределах 0,005-0,2%, представленным молибденитом, а медь – первичными и вторичными сульфидными минералами, содержание в руде от 0,2% до 2%, и небольшая часть окисленными. Из нерудных минералов содержится в основном кварц, а также пирит, серицит, хлорит, кальцит, флюорит, полевые шпаты, апатит и т.д. Пирит

и сульфиды меди, наряду с мелкими включениями в породе, тесно сливаются, образуя агрегаты, вкрапленные в коренную породу. Вкрапленная текстура также является характерной чертой молибденита и агрегатов, которые включают мелкие зерна той же коренной породы.

Медно-цинковые руды представляют собой сложный комплекс сульфидов меди, цинка, железа и минералов вмещающих пород. Среди сульфидов меди обычно встречаются халькопирит, халькозин, ковеллин и борнит; сульфиды железа представлены пиритом, марказитом и пирротинном; сульфиды цинка включают различные разновидности сфалерита, такие как клейофан, марматит, вюртцит, пшибрамит. Кроме того, в рудах присутствуют минералы вмещающих пород, например, кварц, кальцит, хлорит, серицит, тальк, гранат, флюорит, апатит и другие.

В медно-цинковых и медно-пиритных рудах ценными компонентами, привлекающими внимание промышленности, являются медь, цинк, сера, железо, благородные металлы (золото, серебро) и редкие металлы (кадмий, германий, индий и другие), а также рассеянные элементы.

Также медно-никелевые руды являются источником не только меди и никеля, но и золота, серебра, серы, кобальта, платины, селена, теллура и других редких металлов. Сульфиды никеля в них представлены основным минералом никеля – пентландитом, также разновидностями никеленосного пирротина и миллеритом. Медь в них представлен первичным минералом – халькопиритом, а нерудные минералы – оливин, пироксен, серпентин, серицит, хлорит и глинистые вещества [5-6].

#### **1.4 Реагентный режим и технологические схемы флотационного обогащения медных руд**

Основная цель обогащения медных и медно-пиритных, медно-молибденовых руд заключается в отделении сульфидов меди от сульфидов железа, обычно представленных пиритом. Для подавления флотации сульфидов железа (пирита) используют известь для медно-молибденовой руды, иногда с небольшими добавками цианида, не вызывающими депрессии медных минералов. Выбор режима селективной флотации зависит от содержания пирита в руде. Если содержание пустой породы не превышает 10-15%, то возможна прямая селективная флотация с получением готового пиритного концентрата в отходах от медной флотации (рис. 1, а). В случае превышения этого содержания, можно получить кондиционный пиритный концентрат путем последовательной селективной флотации сульфидов меди и железа (рис.1, б) или путем разделения коллективного медно-пиритного концентрата (рис. 1, в) [5].

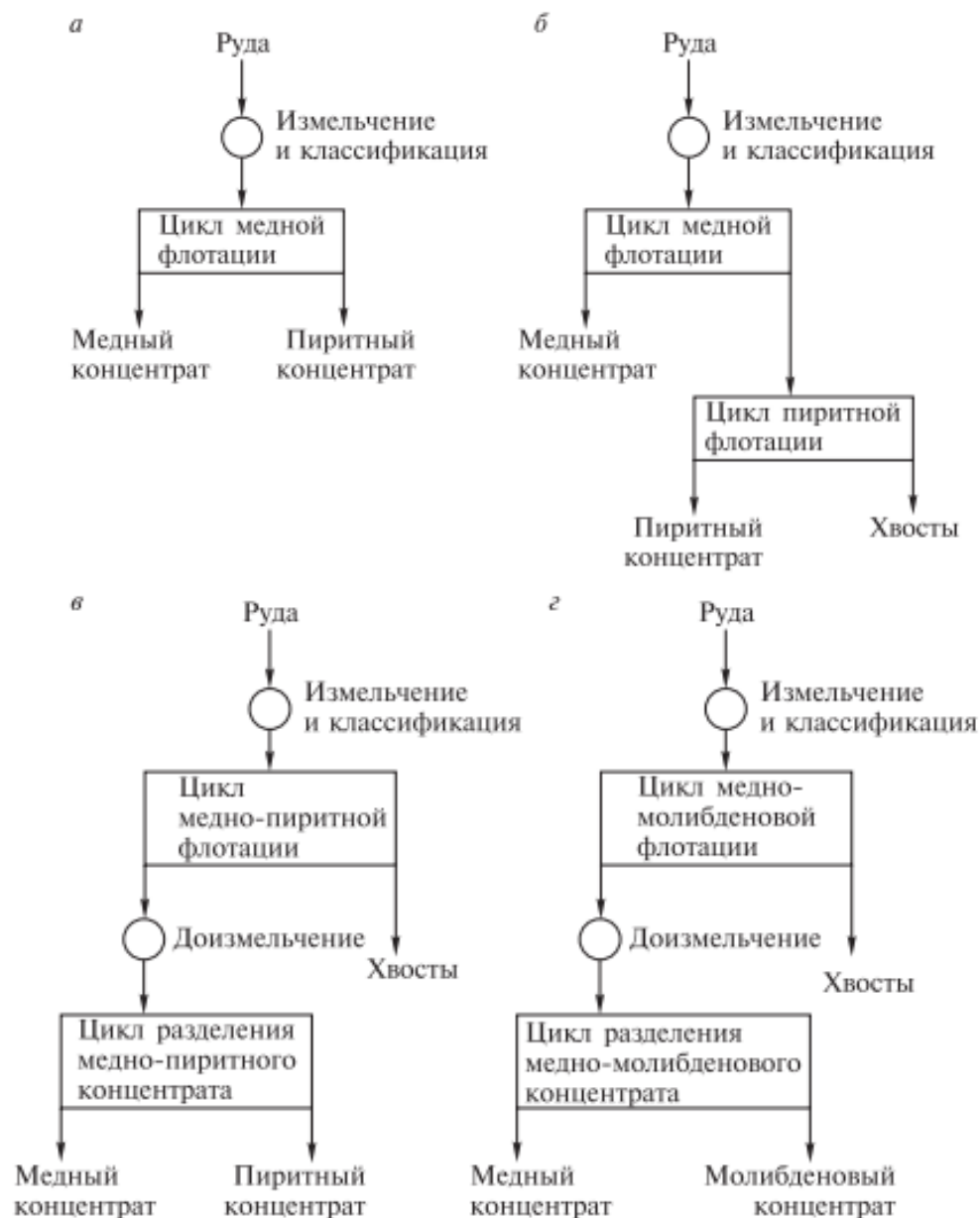


Рисунок 1 – Технологические схемы флотационного обогащения медных, медно-пиритных и медно-молибденовых руд

Обширные экспериментальные промышленные исследования по всему миру к настоящему времени позволили разработать, изучить и проверить на практике все модели первичного обогащения руд цветных металлов насыпью и селективной флотации, которая является доминирующим методом их обогащения.



Технологические схемы флотационной обработки медно-молибденовых руд построены с учетом распространения сульфидных минералов, их количества, фазового состава и возможного образования шлама, которые оказывают существенное влияние на количество стадий флотации. Двухступенчатая схема является наиболее рациональной для флотации медно-молибденовых руд (см. рис. 1, г), она успешно применяется за рубежом на современных обогатительных фабриках средней и крупной производительности. Все руды концентрируются в соответствии с устоявшимися технологическими схемами, которые традиционно включают следующие этапы:

- измельчение руды до крупности 60-65% класса 0,074 мм с добавлением в мельницу извести в количествах, достаточных для подавления пирита, и проведением объемной и очистительной флотации;

- дальнейшее раскрытие сростков и измельчение черновых концентратов до крупности 85-90% класса -0,074 мм для получения медного и молибденового концентратов, соответствующих требованиям ГОСТа.

Реагентные режимы, применяемые для переработки этих руд, основаны на физико-химических особенностях молибденита, сульфидов меди и нерудных минералов. Использование современных химических реагентов и разработка технологических режимов позволяют достичь значительного уровня извлечения молибденита в концентрат.

Несмотря на то, что каждая компания формирует свой собственный подход к оптимизации показателей “затраты-прибыль”, основным принципом подбора реагентных режимов является, в том числе, сочетание реагентов собирателей. В последние десятилетия смеси собирателей разных классов стали очень широко применяться при флотации различных типов руд, в том числе медно-молибденовых. Смеси собирателей обеспечивают более высокий селективный эффект по отношению к сульфидам меди и молибдена и демонстрируют высокую селективность по отношению к пириту.

Коллективная флотация сульфидов меди, молибденита и пирита проводится в щелочной среде. Сульфид натрия (0,1–0,3 кг/т) используется для сульфидизации флотации окисленных минералов меди и пептизации суспензии. Медно-молибденовый концентрат очищают в щелочной среде при pH=9-11, полученной из извести, что обеспечивает снижение флотации пирита. Объемный медно-молибденовый концентрат содержит около до 25% Cu и 0,1–0,6% Mo. Перед разделением его сгущают и подвергают окислительной обработке известью (1 кг/т) в течение 1–4 часов при температуре 85-95°C, обрабатывают сульфидом натрия, окислителями или низкотемпературным обжигом с целью удаления большей части осадка с поверхности минералов или его разрушения. Разделение медно-молибденовых концентратов основано на извлечении сульфидов меди флотацией молибденита. Разделение концентратов проводят с

применением сульфида или гидросульфида натрия в сильнощелочной среде (pH=10-12) [7].

## 1.5 Современные флотореагенты, используемые для обогащения медно-молибденовых руд

### 1.5.1 Реагенты-собиратели

Комбинация слабых и сильных собирателей в основном используется для флотации первичных колчеданных руд. В коллективном цикле используются следующие собиратели: ксантогенаты и дитиофосфаты с различной длиной углеводородного радикала, диксантогениды, изобутилдитиофосфаты (реагент типа Minerex), тиокарбаматы (реагент Z-200), аллиловые эфиры ксантогеновых кислот, неполярные масла и т.д. Использование ксантогенатов в сочетании с модифицированными дитиофосфатами, тиокарбаматы позволяют оптимизировать процесс селективной адсорбции собирателей сульфидов на поверхности и их требуемой концентрации в жидкой фазе пульпы. В качестве вспенивателей применяются синтетические спиртовые реагенты (сосновое масло, MIBC, T-80, OPSB и их комбинации). Известь, сульфид натрия, жидкое стекло, гексаметафосфат натрия, диоксид серы и др. служат модификаторами флотации [6-7].

Таблица 1 – Характеристика реагентов собирателей для медно-молибденовых руд

Собиратели	Состав	Применение
IPETC	Изопропилэтил тиокарбамат, плохо растворим в воде	Сильный селективный собиратель первичных минералов меди
SIBX	Изобутиловый ксантогенат натрия, хорошо растворим в воде	Собиратель вторичных минералов меди
AERO 8761	Состав монотиофосфатов	Высоко селективный собиратель меди с отличными собирательными свойствами.
AERO 3302	Ксантогенатовые сложные эфиры	Собиратель селективной меди, золота и платины с отличными свойствами улавливания молибдена.
AERO 5100	Модифицированный тиокарбамат	Собиратель селективной меди. Слабые характеристики вспенивания.
AERO 7249	Смесь дитиофосфатов различной длины радикалов	Является одновременно собирателем и пенообразователем

Продолжение таблицы 1

Собиратели	Состав	Применение
AERO 9810	Состав дитиофосфатов	Собиратель меди средней интенсивности с хорошей селективностью в отношении пирита.
AERO MX-3601	Разработанный состав ксантогенатовых сложных эфиров	Селективный собиратель меди и золота с отличными собирательными свойствами молибдена. Более селективный с сульфидами железа по сравнению с активатором AERO 3302.
AERO MX-5127 AERO XD-5002	Модифицированный тионокарбамат	Собиратель меди – молибдена средней интенсивности. Хорошая селективность при pH=9–10.
AERO MX-5141	Модифицированный тиокарбонат	Собиратель первичной и вторичной меди с отличными свойствами улавливания молибдена. Сильнее активатора AERO MX-3601
AERO XD-103	Ароматизированный углеводород	Собиратель молибдена: для использования в сочетании с сульфидными собирателями.
Дизельное топливо (летнее)	Легкие дистилляты – 83,4%; нефтяные масла – 16,5%; смолы и асфальтены – 0,1%	Аполярный собиратель молибдена
Berafloat 3026	Трехкомпонентная смесь алкиленалкилсульфида с алкиловым эфиром полиалкиленгликоля и диалкилдитиофосфатом. Активность 100%.	Селективный собиратель молибдена и меди.
Berafloat 40	Диизобутиловый дитиофосфат. Активность 56%.	Для флотации медно-молибденовых руд. Применяется в комбинации с другими собирателями, как Berafloat 3026, Berafloat 3035, Aerofloat 308, Aerofloat 238 и BTF 1552

Масляный собиратель AERO 3302 и сопутствующие реагенты AERO MX-3601 и AERO MX-5141, успешно применяются на нескольких обогатительных фабриках для флотации коллективного медно-молибденового концентрата с целью повышения извлечения молибдена. Благодаря высокой эффективности в отношении молибдена и селективности к сульфидам меди, эти комбинации собирателей являются оптимальным выбором для переработки подобных руд. Их использование также способствует увеличению извлечения попутного золота, которое иногда ассоциируется с этими рудами.

Реагенты собиратели AERO 3302, AERO MX-3601 и AERO MX-5141, дозируются в мельницу в количестве 525 г/т. Кроме того, для усиления флотации молибдена часто добавляется 20-50 г/т углеводородного масла, например, дизельного топлива [8,19].

### 1.5.2 Реагенты-пенообразователи

Пенообразователи играют очень важную роль во флотационном обогащении, и их основной функцией является обеспечение устойчивости пузырьков, которые переносят гидрофобные ценные частицы минералов на поверхность пены.

Двумя основными классами пенообразователей, которые сегодня имеют важное коммерческое значение, являются алифатические моноспирты и полигликоли (и их моноэфиры). Триэтоксидбутан используется на флотационных установках, но его объем невелик по сравнению со спиртами и гликолями. Объем соснового масла и крезильных кислот, используемых в промышленности, еще меньше. Последние считаются менее желательными с экологической точки зрения. Альдегиды, кетоны и сложные эфиры не используются в качестве первичных пенообразователей, но присутствуют в качестве примесей в потоках спирта.

Спиртовые пенообразователи обладают очень низкой растворимостью, в то время как большинство используемых гликолей (и их эфиров) полностью смешиваются с водой. При низких концентрациях, используемых при флотации, растворимость не является ограничивающим фактором. Однако характеристики вспенивания спиртовых пенообразователей существенно отличаются от характеристик вспенивания гликолей, и эти различия могут быть объяснены различиями в растворимости, поверхностной активности и скорости диффузии.

Примеси, содержащиеся в самих пенообразователях, даже в небольших количествах, иногда оказывают заметное влияние на пенообразующую способность и структуру. Часто наблюдается, что высоконерастворимые компоненты всплывают в пене, концентрируются в локализованных областях на поверхности пены и снижают пенообразование [8-10].

При выборе пенообразователя необходимо учитывать некоторые дополнительные характеристики:

- пенообразователь должен обеспечивать достаточно жидкую пену при сливе, чтобы можно было «промыть» захваченные частицы безрудных минералов;
- вспениватель должен обеспечивать хорошую мобильность пены, чтобы переносить частицы минералов к краю флотационной ванны и затем в желоб;

- вспениватель должен быть растворимым веществом или дисперсный в воде, чтобы обеспечить равномерную зону пузырьков;
- зона вспенивания не должна оседать пока не будут извлечены ценные частицы минералов, а также она должна быть достаточно мобильная, чтобы пузырьки могли разбиваться и заново формироваться позже, если это будет необходимо;
- пенообразователь должен быть достаточно устойчивым, чтобы переносить вес минералов, но не таким устойчивым, чтобы он сохранял свои свойства за пределами желоба и отстойников [9,11].

Таблица 2 – Характеристика реагентов пенообразователей для медно-молибденовых руд

Пенообразователи	Состав	Применение
MIBC	Метилизобутилкарбинол	Обладает быстрой кинетикой и хорошей селективностью. Применяется для флотации меди, сульфида молибдена, угля и других руд.
OREPREP F-507	Полигликоли	Гликолевый вспениватель со свойствами, аналогичными DF200.
OREPREP F-533	Смешанные спирты, тяжелые альдегиды, сложные эфиры и смешанные полигликоли	Способствует быстрой кинетике и селективной флотации
OREPREP F-597	Смесь гликолей, гликолевые простые эфиры и спирты	Сильный гликоль/ спиртовый вспениватель, где требуется селективность в отношении нерастворимых веществ
OREPREP F-603	Смешанные спирты, тяжелые альдегиды, парафиновые углеводороды	Селективная спиртовая смесь, которая может заменить MIBC.
OREPREP X-133	Смешанные спирты и полигликоли	Способствует быстрой кинетике и селективной флотации.

### 1.5.3 Реагенты-депрессоры

Несмотря на то, что молибденит является легкофлотируемым минералом, в цикле сепарации Cu-Mo молибден флотируют с использованием аполярных собирателей, как углеводородного масла, а сульфиды меди и пирит депрессируются следующими путями:

1 В процессе Cu-Mo сепарации для подавления сульфидных минералов меди и пирита применяются различные реагенты, как  $\text{NaHS}$ , и реже сернистый натрий или сульфид аммония. Гидросульфид натрия становится все более популярным благодаря своей эффективности, но стоит отметить, что в процессе выделяется токсичный газ – сероводород. Замена воздуха на азот уменьшает окисление и повышает эффективность процесса. На последнем этапе перечистки молибдена для удаления остаточных сульфидов применяется цианид. Если требуется окончательное удаление меди используют цианидное или хлоридное выщелачивание, что позволяет получить более чистый молибденовый концентрат.

2 Реагенты Нокса, представляющие собой тиофосфористые и тиомышьяковые составы, например, дитиофосфат натрия – соль с формулой  $\text{Na}_3\text{PS}_2\text{O}_2$ , являются эффективными в процессе сепарации молибдена от меди. На последних стадиях перечистки обычно необходимо добавлять цианид натрия.

3 В более окисленных условиях сульфиды меди и железа могут быть депрессированы с помощью натрия или ферроцианида калия. Для повышения эффективности сепарации применяются реагенты окислители, такие как гипохлорит или перекись водорода. В прошлом использовались процессы отпаривания или обжигания для удаления слоя коллектора с сульфидов меди и железа перед добавлением ферроцианида. На стадиях перечистки Mo часто используют цианид натрия, что является традиционным методом подавления остаточных сульфидных минералов меди и пирита [9].

### ***Выводы к 1 главе:***

Флотация остается ключевым методом обогащения медных руд, особенно сульфидных и окисленных, обеспечивая извлечение около 90% меди из первичных руд. Однако, истощение богатых месторождений приводит к переработке бедных и мелкокрапистых руд, что требует повышения производительности обогатительных фабрик.

Современные технологические решения включают в себя широкое применение высокопроизводительного оборудования, такого как гирационные дробилки “Superior MKII” и “Superior MKIII” компании “Metso”, щековые дробилки “Nordberg C”, мельницы само- и полусамоизмельчения (SAG), а также валковые прессы высокого давления (ВПВД) и другие оборудования для автоматизирования всего процесса.

Извлечение меди происходит из различных типов руд, включая сульфидные, окисленные и смешанные. Сульфидные руды содержат халькопирит, борнит, халькозин и часто сопровождаются пиритом. Окисленные руды включают малахит, азурит, куприт, тенорит и атакамит. В смешанных рудах присутствуют фосфаты, алюмосиликаты и гидроксиды, содержащие медь.

В большинстве случаев сульфидные руды требуют многоступенчатой обработки для отделения сульфидов меди от пирита и других минералов. Для обогащения медно-молибденовых руд применяется двухступенчатая схема флотации, которая включает измельчение руды, подавление пирита известью, объемную и очистительную флотацию, а также доизмельчение концентратов для получения медного и молибденового концентратов.

Применяются современные реагентные режимы, включающие смеси собирателей для повышения селективности флотации. Для разделения медно-молибденовых концентратов чаще всего применяется гидросульфид натрия в сильнощелочной среде.

## 2 Объект и методы исследования

### 2.1 Объект исследования

Объектом исследования в данной диссертационной работе является сульфидная медно-молибденовая руда месторождения Актогай ТОО «КАЗ Минералз».

Вертикальная минералогическая зональность руд является характерной особенностью медно-молибденовой порфировой руды месторождения Актогай.

В зоне первичных сульфидных руд есть основное местонахождение штокверка, содержащее в себе более 95% его общих запасов. К сульфидным рудам относятся руды, в которых содержание меди не более 20% в окисленных формах. Окисленные руды характеризуются сильной нарушенностью и образованы измененными вулканитами и гранитоидами. В них наблюдаются налеты, корочки и колломорфные стяжения хризоколлы, малахита, гидроокислов железа, азурита, брошантита, гипса, кальцита и глинистых минералов.

Среди медных минералов преобладают хризоколла (40-80%) и её марганцевистая разновидность антогаит, а также малахит (20-30%), азурит, атакамит и другие редкие окисленные минералы меди. Эти минералы часто образуют псевдоморфозы по первичным сульфидам, например, халькозину, ковеллину, халькопириту, борниту, пириту. Также они встречаются в трещинах вмещающих пород в виде небольших гнезд, корочек, землистых налетов и радиально-лучистых или сноповидных агрегатов. Из-за мелкой формы и дисперсного характера, применение флотации для их сепарации исключено.

Основная промышленная ценность месторождения сосредоточена в сульфидных рудах, которые характеризуются различными текстурными рисунками, как вкрапленно-прожилковые, прожилково-вкрапленные, гнездово-вкрапленные и брекчиевые. Вкрапленно-прожилковые и прожилково-вкрапленные руды являются наиболее распространенными, составляя 75-80% запасов сульфидных руд. Гнездово-вкрапленные руды, являющиеся частной разновидностью этих текстур, встречаются реже, но характеризуются более высоким содержанием сульфидов [12].

Таблица 3 – Минеральный состав сульфидных руд ГОК Актогай

Минералы	Рудные	Нерудные
Главные	Халькопирит, молибденит, пирит	Кварц, калишпат (микроклин), серицит, биотит, хлорит, кальцит, десмин, ломантит, диорит



Продолжение таблицы 3

Минералы	Рудные	Нерудные
Второстепенные	Борнит, халькозин, гематит, сфалерит, галенит, титаномагнетит, рутил, сфен, лейкоксен, магнетит	Альбит, пренит, эпидот, актинолит, турмалин, мусковит
Редкие и очень редкие	Ковеллин, кубанит, дигенит, тетраэдрит, самородное золото и серебро, электрум, штрмейерит, вольфрамит, шеелит, молибдошеелит, повеллит, виттихенит, карролит, арсенопирит, пентландит, мушкетовит, пирротин, марказит, кобальт-пирит, макиновит, валлериит, ильменорутил, анатаз	Апатит, ангидрит, сидерит, барит

## 2.2 Изучение химического и фазового состава руды

Согласно химическому анализу исходной руды содержание меди 0,476%, молибдена 0,011%.

Таблица 4 – Химический состав исследуемой руды

Содержание, %						
Cu	Mo	Fe	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	SiO <sub>2</sub>	S <sub>общ</sub>
0,476	0,011	3,89	13,93	2,88	61,75	1,14

По фазовому анализу на форму нахождения меди: медь представлена халькопиритом на 81,51 % отн., содержание окисленных соединений 2,94% и вторичных минералов меди составляет 15,55 % отн.

Таблица 5 – Химический фазовый анализ на формы нахождения меди пробы

Формы нахождения меди	Содержание, %	
	абс.	отн.
Оксиды, силикаты	0,014	2,94
Вторичные сульфиды (борнит, халькозин, ковеллин)	0,074	15,55
Первичные сульфиды (халькопирит)	0,388	81,51
Σ	0,476	100,0

Таблица 6 – Химический фазовый анализ на формы нахождения молибдена

Формы нахождения молибдена	Содержание, %	
	абс.	отн.
Повеллит	<0,002	–
Связанный с оксидами железа и марганца	<0,002	–
Сульфидный	0,010	90,9
Труднорастворимый	0,001	9,1
Σ	0,011	100,0

По результатам фазового анализа содержание молибдена в руде составляет 0,011%, из которых 90,9% отн. представлено сульфидными формами и 9,1% отн. – изоморфно, входящие в халькопирит и в силикатные породообразующие минералы.

### 2.3 Минералогический анализ исследуемой руды

Усредненный состав руды изучался при помощи дифрактометрического анализа с использованием дифрактометра D8 ADVANCE фирмы BRUKER.

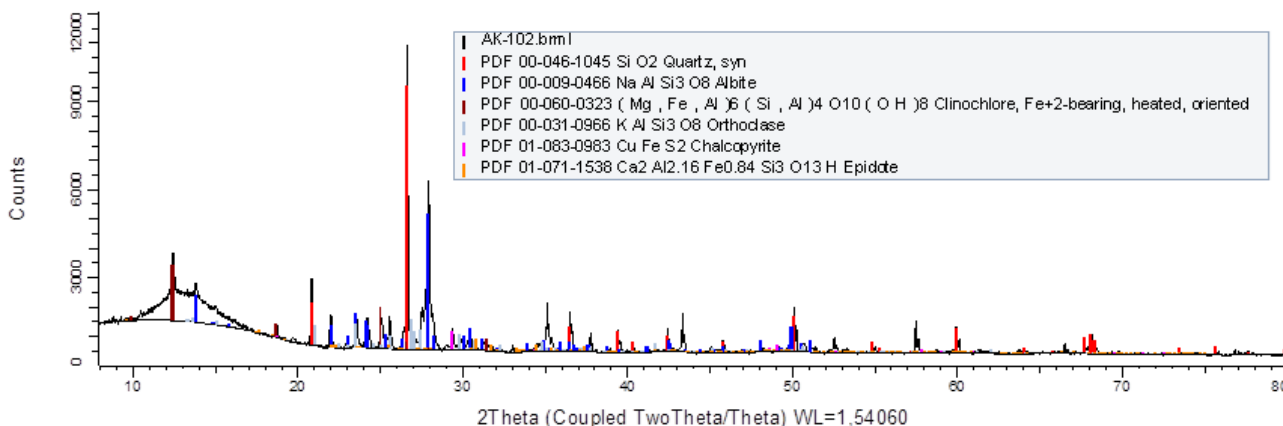


Рисунок 2 – Результаты дифрактометрического анализа исследуемой руды

Согласно полученным данным, в руде преобладают из породообразующих минералов полевые шпаты и кварц. Представлены они преимущественно альбитом, в меньшей степени ортоклазом. Слюдистые минералы составлены клинохлором и эпидотом. Карбонатные минералы развиты в меньшей степени и представлены кальцитом. Среди рудных минералов в пробе преобладают оксиды железа, также развит лейкоксен. Окисленные минералы меди в пробе развиты слабо.

Таблица 7 – Основных минеральные комплексы, определённые с помощью дифрактометрического анализа

Минералы	Формула минерала
Полевые шпаты (альбит, ортоклаз)	$\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ , $\text{KAlSi}_2\text{O}_8$
Кварц	$\text{SiO}_2$
Слюдистые минералы (клинохлор, эпидот)	$\text{Mg}_3\text{Al}_2\text{FeAlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_8$ , $\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{FeSi}_3\text{O}_{12}(\text{OH})$
Карбонатные минералы (кальцит)	$\text{CaCO}_3$
Лейкоксен	$\text{Fe}_2\text{Tl}_3\text{O}_9$
Магнетит, гематит	$\text{Fe}_3\text{O}_4$ , $\text{Fe}_2\text{O}_3$
Пирит	$\text{FeS}_2$
Халькопирит	$\text{CuFeS}_2$
Молибденит	$\text{MoS}_2$
Вторичные минералы меди (халькозин, борнит)	$\text{Cu}_2\text{S}$ , $\text{Cu}_5\text{FeS}_2$

Далее были изготовлены брикеты, которые в дальнейшем изучались на оптическом микроскопе OLYMPUS BX 51 Pol. C, который предназначен для автоматизированного оптико-минералогического анализа руд и продуктов обогащения. Программа рассчитывает только рудные минералы, а также соотношение минералов между собой. Основана на разнице в светоотражательной способности минералов, поэтому минералы с низкой отражательной способностью (малахит, хризоколла, сидерит и т.д.) данной программой не определяются.

Халькопирит имеет амебообразную, ксеноморфную форму зерен. В руде составляет 39,1% (из 100% рудных минералов). Свободные зерна составляют – 27,0% (69,0% отн.). Остальная часть находится в сростках с другими минералами – 12,1% (31,0% отн.). Преобладают сростки с нерудными минералами – 7,8% (19,9% отн.). Также развиты сростки состава халькопирит + лейкоксен + нерудный минерал – 1,2% (3,0% отн.), с пиритом – 1,1% (2,3% отн.) и вторичными минералами меди. Суммарно сростки со вторичными медными минералами составляют 2,2% (5,7% отн.) (с халькозином – 0,8% (1,8% отн.), с борнитом – 1,4% (3,9% отн.). Вторичные минералы меди образуют структуры замещения по халькопириту. В ассоциации с нерудными минералами халькопирит образует сростки и мелкие включения в нерудном. Отмечены единичные сростки халькопирита с пиритом, магнетитом и гематитом. Размер зерен халькопирита колеблется в пределах от 1-3 мкм до 110-125 мкм, есть единичные крупные зерна размером 170-200 мкм, часть из них в свободном виде, часть в виде сростков с нерудными минералами. Преобладают зерна размером 30-85 мкм и составляют они 63,8% от всех зерен халькопирита. Мелкие зерна размером до 10 мкм составляют 14,4% отн (от всех зерен халькопирита).

Вторичные минералы меди в пробе представлены халькозином и борнитом. Суммарно они составляют 4,4% (из 100% рудных минералов). Преобладает борнит, в пробе составляет – 3,4% (из 100% рудных минералов). Представлен как свободными зёрнами, так и в сростках с другими минералами. Свободные зерна составляют – 1,8% (53,1% отн.). В сростках развито 1,6% (46,9% отн.). Преобладают сростки с халькопиритом – 0,56% (16,5% отн.), с нерудными минералами – 0,4% (12,0% отн.), и сростки состава борнит + халькопирит + нерудный минерал – 0,64% (17,9% отн.). Отмечены единичные сростки с халькозином. Борнит представлен в виде структур замещения по халькопириту. Отмечены зерна борнита со структурами распада халькопирита. Размер зерен колеблется в пределах от 1-2 мкм до 45-70 мкм, преобладают зерна размером 15-45 мкм и составляют 81,6% отн (от всех зерен борнита). Остальные зерна мелкие, менее 10 мкм. Халькозин в пробе составляет 1,0% (из 100% рудных минералов). Представлен преимущественно сростками с другим минералами – 0,9% (87,6% отн.). Преобладают сростки с халькопиритом - 0,5% (50,8% отн.) и сростки состава халькозин + халькопирит + нерудный минерал – 0,3% (33,8% отн.). Самостоятельными зерна составляют 0,1% (12,4% отн.). В целом в руде образует структуры замещения по халькопириту и реже по борниту. Размер зерен колеблется в пределах от 2-3 мкм до 25-36 мкм. Преобладают зерна размером 10-25 мкм и составляют 62,8% отн.

Молибденит отмечен в виде единичных зерен чешуйчатой формы зерен размером 40-80 мкм. В сростке с нерудным минералом отмечены более крупные зерна размером 55 мкм и 130 мкм. Также обнаружено единичное зерно в ассоциации с халькопиритом и нерудным минералом.

Пирит имеет неправильную форму зерен. В пробе он составляет 6,3% (из 100% рудных минералов). Представлен как самостоятельными зернами, так и сростками с другими минералами. Преобладают свободные зерна, они составляют 5,5% (86,8% отн.), в сростковой форме находится 0,8% (13,2% отн.). Практически все сростки – это сростки с халькопиритом. Отмечены также единичные сростки с нерудными минералами. Размер зерен колеблется в пределах от 2-5 мкм до 120-160 мкм. Преобладают зерна размером 25-50 мкм и составляют они 78,7% от всех зерен пирита. Более мелкие зерна до 10 мкм составляют лишь 4,1% (от всех зерен пирита).

Лейкоксен имеет неправильную, реже таблитчатую, игольчатую форму зерен. В пробе составляет 16,8% (из 100% рудных минералов). Представлен как самостоятельными зернами, так и сростками с другими минералами. Свободные зерна составляют 12,3% (73,3% отн.), в сростковой форме – 4,5% (26,7% отн.). Преобладают сростки с нерудными минералами – 3,4% (20,3% отн.) и состава халькопирит+лейкоксен+нерудный минерал – 0,9% (5,4% отн.). Отмечены единичные сростки с магнетитом. Размер зерен колеблется в пределах от 2-3 мкм до 150-200 мкм, есть единичные зерна размером 250-280 мкм. Преобладают зерна

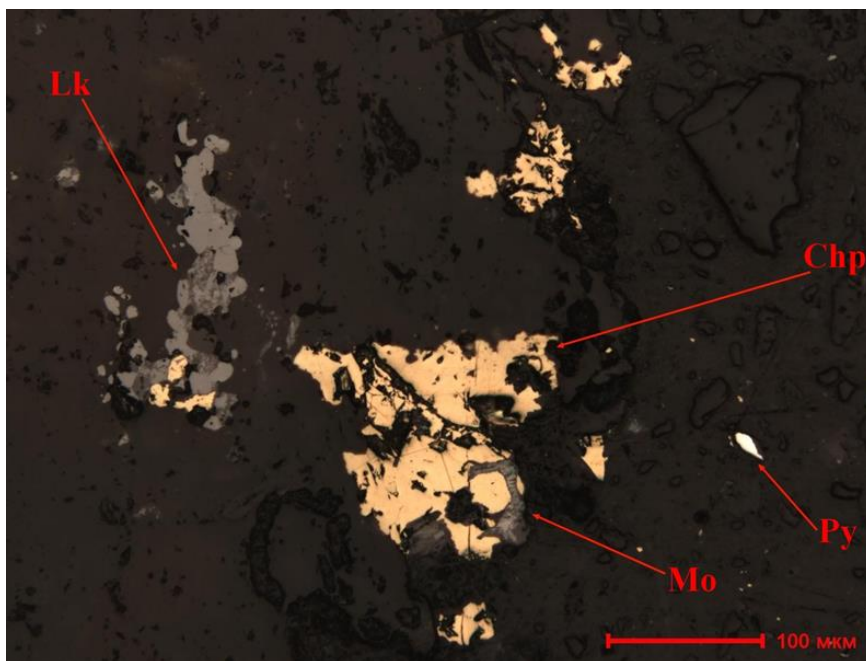
размером 50-150 мкм (78,8% от всех зерен лейкоксена). Более мелкие зерна до 25 мкм составляют 15,1% (от всех зерен лейкоксена).

Магнетит в пробе представлен зернами таблитчатой, ксеноморфной формы. В пробе составляет 21,5% (из 100% всех рудных минералов). Свободные зерна составляют 11,7% (54,5% отн.), в сростках развито 9,8% (45,5% отн.). Преобладают сростки состава магнетит+гематит+нерудный минерал - 3,3% (15,2% отн.) и сростки состава магнетит+гематит+халькопирит – 3,4% (15,8% отн.). Развита также сростки с нерудными минералами – 1,7% (7,8% отн.) и гематитом – 1,4% (6,7% отн.). Есть единичные сростки с лейкоксеном. Согласно данным минералогического анализа по магнетиту развиты структуры распада, выполненные гематитом. Размер зерен колеблется в пределах от 2-5 мкм до 140-160 мкм. Преобладают зерна размером 50-130 мкм и составляют они 60,7% (от всех зерен магнетита).

Гематит в пробе представлен таблитчатыми, ксеноморфными зернами. В пробе составляет 7,0% (из 100% всех рудных минералов). Свободные зерна составляют 3,0% (41,9% отн.), в сростковой форме – 4,0% (58,1% отн.). Преобладают сростки в ассоциации с магнетитом и нерудными минералами – 1,4% (20,3% отн.) и сросток гематит+халькопирит+магнетит – 1,2% (17,7% отн.). В сростках с магнетитом находится – 0,9% (12,9% отн.), с нерудными минералами – 0,5% (7,2% отн.). Размер зерен колеблется в пределах от 3-6 мкм до 50-60 мкм. Преобладают зерна размером 25-55 мкм и составляют они 67,9% (от всех зерен гематита).

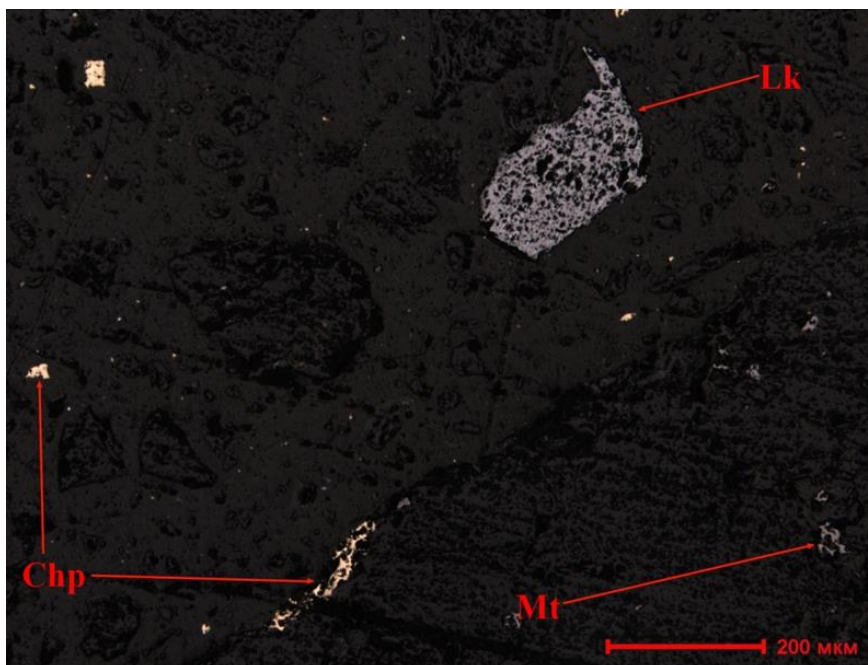
Ильменит в пробе составляет 2,3% (из 100% всех рудных минералов). Представлен в основном свободными зернами – 2,1% (90,1% отн.). Сростки с нерудными минералами составляют – 0,2 % (9,9% отн.). Размер зерен от 5-7 мкм до 25-33 мкм. Преобладают зерна размером 10-25 мкм (65,0% от всех зерен ильменита).

Ниже приведены результаты оптико-минералогического анализа руды, снимки минералов с оптического микроскопа.



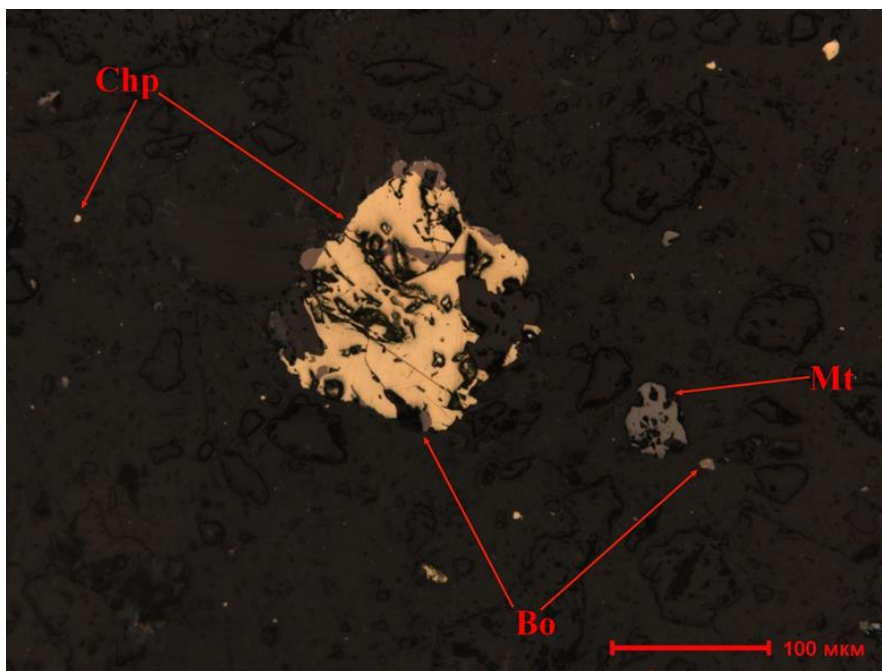
Условные обозначения: *Chp* – халькопирит, *Lk* – лейкоксен, *Py* пирит, *Mo* - молибденит

Рисунок 3 – Брикет. Сросток халькопирита с молибденитом в ассоциации с нерудным минералом. Ксеноморфное зерно лейкоксена с халькопиритом образует включение в нерудном минерале. Единичное зерно пирита

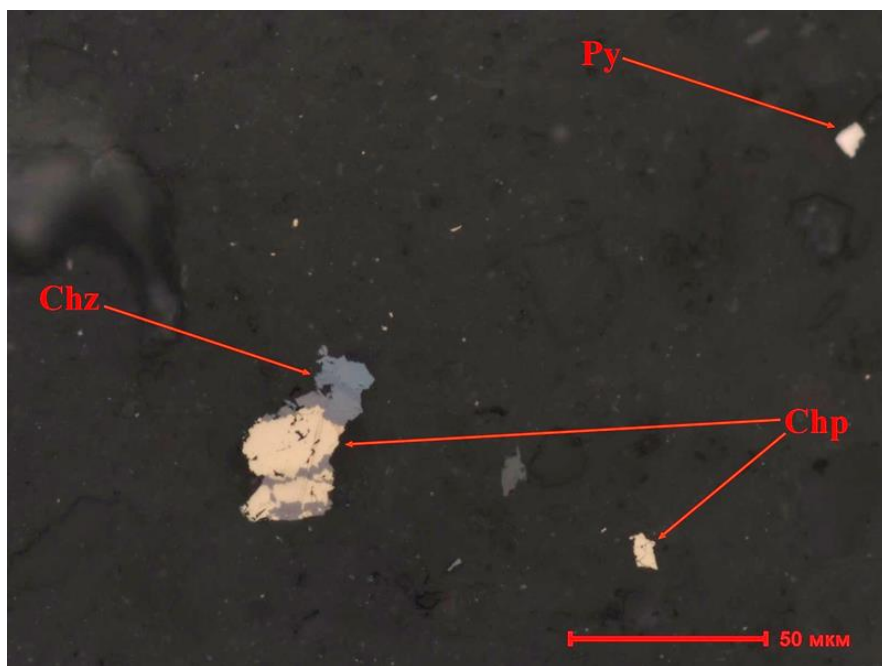


Условные обозначения: *Chp* – халькопирит, *Lk* лейкоксен, *Mt* - магнетит

Рисунок 4 – Брикет. Включения халькопирита и магнетита в нерудном минерале. Свободные зерна халькопирита и лейкоксена

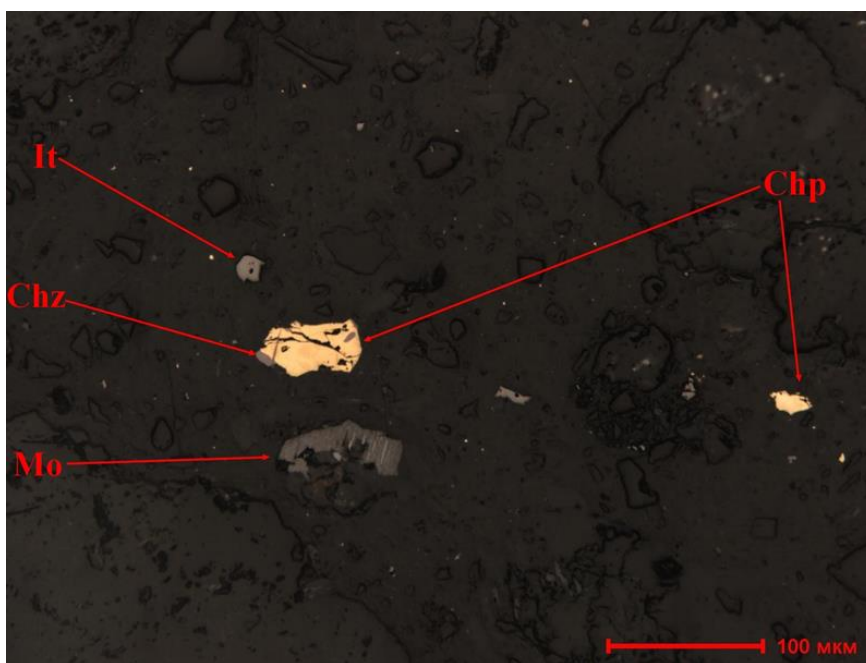


Условные обозначения: *Chp* - халькопирит, *Bo* борнит, *Mt* - магнетит  
 Рисунок 5 – Брикет. Зерно халькопирита со структурами замещения, сложенные борнитом. Единичные зерна магнетита



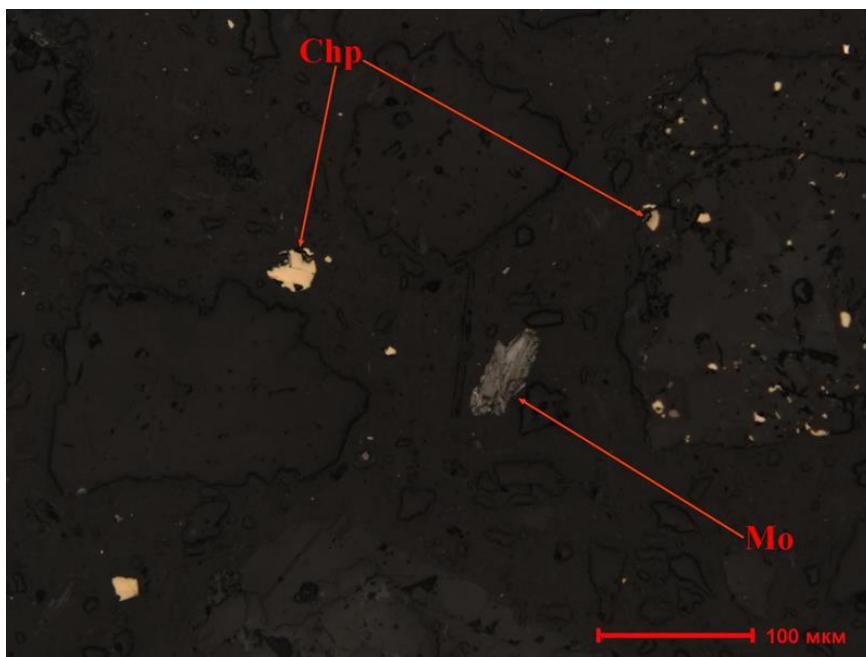
Условные обозначения: *Py* - пирит, *Chp* - халькопирит, *Chz* - халькозин  
 Рисунок 6 – Брикет. Зерно халькопирита со структурами замещения халькозином. Свободные зерна пирита и халькопирита





Условные обозначения: *Chp* – халькопирит, *Chz* халькозин, *Mo* – молибденит, *It* – ильменит

Рисунок 7 – Брикет. Свободные зерна халькопирита, молибденита и ильменита. Замещение халькопирита халькозином



Условные обозначения: *Pу* - пирит, *Mo* - молибденит

Рисунок 8 – Брикет. Зерна халькопирита свободные и в виде включений в нерудном минерале. Чешуйчатое зерно молибденита



### ***Выводы ко 2 главе:***

Содержание ценных компонентов в руде составляет: Cu – 0,47%; Mo – 0,011%, Fe – 3,89%. Согласно данным фазового анализа медь в пробе на 81,51 % отн. Представлена в сульфидной форме (халькопирит), содержание окисленных соединений меди 2,94% и вторичных минералов меди составляет 15,55 % отн.

Преобладают сростки халькопирита с нерудными минералами и сростки в ассоциации с лейкоксеном и нерудными минералами. Согласно данным минералогического анализа следует отметить, что халькопирит образует достаточно сложные сростки с нерудным минералом – в виде мелких включений в нем. Вторичные минералы меди представлены халькозином и борнитом. Вторичные медные минералы образуют тесные ассоциации как между собой, так и с халькопиритом. Окисленные минералы меди в данной пробе присутствуют в небольшом количестве.

Молибденит в пробе, согласно данным фазового анализа, на 90,9% отн. представлен сульфидными формами (молибденит), оставшаяся часть сосредоточена в остаточных формах – 9,1% отн. Однако следует отметить, что остаточные формы вероятнее всего представлены мелкими зернами молибденита, образующими включения в породообразующих минералах. Эти данные подтверждают минералогические исследования. Среди породообразующих минералов в пробе преобладают полевые шпаты, кварц и слюдистые минералы.

### 3 Исследования в лабораторных условиях по оптимизации реагентного режима сульфидной медно-молибденовой руды месторождения Актогай

#### 3.1 Определение оптимальной крупности в питании флотации

Руда для испытаний была отобрана со склада крупнодробленной руды после первичного дробления в размере 100 кг. Далее подвергалась дроблению в лабораторной щековой дробилке с щелью 2 мм. Гранулометрическая характеристика исходной руды с распределением основных компонентов по классам крупности приведена в таблице ниже.

Таблица 8 – Гранулометрический состав исходной руды и распределение меди, молибдена и железа по классам, после дробления -2мм

Класс крупности, мм	Выход, %		Содержание, %			Распределение, %		
	частный (по +), %	суммарный (по -), %	Cu	Mo	Fe	Cu	Mo	Fe
-2.0 +1.0	40.31	100.00	0.16	0.004	2.79	1.30	1.24	2.81
-1.0 +0.500	11.53	59.69	0.18	0.004	2.73	3.09	2.61	5.79
-0.500 +0.300	14.24	48.16	0.19	0.004	2.80	1.50	1.20	2.73
-0.300 +0.212	8.05	33.92	0.21	0.006	2.77	2.71	2.93	4.41
-0.212 +0.180	6.10	25.87	0.28	0.008	2.83	5.48	5.93	6.83
-0.180 +0.150	2.95	19.77	0.41	0.011	3.18	7.69	7.82	7.36
-0.150 +0.106	4.89	16.82	0.57	0.015	3.70	9.95	9.92	7.97
-0.106 +0.075	1.45	11.93	0.70	0.017	4.45	4.48	4.12	3.52
-0.075 +0.053	1.65	10.48	0.74	0.016	4.52	5.27	4.32	3.98
-0.053 +0.038	1.90	8.83	0.70	0.017	4.37	7.98	7.35	6.15
-0.038	6.90	6.90	0.62	0.017	4.81	50.56	52.56	48.44
Исходная руда	100.00	0.00	0.476	0.011	3.89	100.0	100.0	100.0

По результатам гранулометрического анализа виден относительный рост содержания меди и молибдена от мелких классов к крупным. Содержание Cu в классе  $-0,074$  мм составляет 0,74%.

На обогатительной фабрике месторождения Актогай шаровые мельницы установлены в замкнутом цикле с гидроциклонами с получением крупности слива 80%  $-0,180$ мм. Слива гидроциклона поступают на операцию основной флотации, пески возвращаются в шаровые мельницы. Значение крупности питания флотации 80%  $-0,180$ мм равна к 52% класса  $-0,074$  мм.



Рисунок 9 – Схема проведения флотационных опытов в рамках исследований

Для определения оптимальной крупности измельчения исходная руда после дробления была отсеяна на сите с размером ячеек 2×2 мм, далее сделано усреднение, перемешивание методом сбрасывания с кольца на конус 8–12 раз. При использовании способа кольца и конуса пробу раскладывают в кольцо, затем перебрасывают в центр на конус. После образования конуса оставшуюся мелочь собрана и высыпана на вершину конуса, материал снова был разложен в кольцо. Операция повторялась несколько раз. Перемешивание по способу кольца и конуса применялся в сочетании с сокращением способом квартования, когда проба развернута в диск, и делят на четыре квадрата. Два противоположных квадрата была отбросона в дубликат, а два других объединив, смешана по способу кольца и конуса и снова сделано квартование [13,14]. Перемешанную пробу расквартовывают по 1200 г на 1 флотационный опыт.

Опыты по подбору оптимальной крупности в питании коллективной флотации проводились в лабораторной стержневой мельнице Essa® серии VM/RM при разном времени измельчения 3; 3,5; 4 и 4,5 минуты. Измельчение проводилось в мокрой среде, с добавлением 550 мл воды для получения отношения Т:Ж = 2:1 по массе (доля твердого по массе 68,6%). Рабочий объем мельницы 7,8 л, вес стержней составляет 18 кг размером 15–20мм.

Таблица 9 – Ситовой анализ исходной исследуемой руды при разном времени измельчения

Класс, мм	Время измельчения: 3 мин			Время измельчения: 3:30 мин		
	Масса, г	Выход, %	Выход (-), %	Масса, г	Выход, %	Выход (-), %
-0.500 +0.300	3,80	3,79	100,00	2,32	2,32	100,00
-0.300 +0.212	15,62	15,58	96,21	13,05	13,03	97,68
-0.212 +0.180	8,18	8,16	80,62	8,08	8,07	84,66
-0.180 +0.150	6,67	6,65	72,46	8,74	8,73	76,59
-0.150 +0.106	10,75	10,73	65,81	12,10	12,08	67,86
-0.106 +0.075	7,64	7,62	55,08	7,35	7,34	55,79
-0.075 +0.053	7,54	7,52	47,46	8,44	8,43	48,45
-0.053 +0.038	4,63	4,62	39,94	5,20	5,19	40,02
-0.038	35,40	35,32	35,32	34,89	34,83	34,83
Итого	100,23	100,00		100,17	100,00	
-0.074 мм	47,5 %			48,5%		
Класс, мм	Время измельчения: 4 мин			Время измельчения: 4:30 мин		
	Масса, г	Выход, %	Выход (-), %	Масса, г	Выход, %	Выход (-), %
-0.500 +0.300	0,97	0,96	100,00	0,30	0,30	100,00
-0.300 +0.212	8,95	8,89	99,04	4,81	4,78	99,7
-0.212 +0.180	7,41	7,36	90,15	6,62	6,58	94,92
-0.180 +0.150	8,91	8,85	82,79	7,98	7,93	88,34
-0.150 +0.106	14,03	13,94	73,93	14,78	14,69	80,40
-0.106 +0.075	8,69	8,63	60,00	10,23	10,17	65,71
-0.075 +0.053	8,60	8,54	51,37	10,60	10,54	55,54
-0.053 +0.038	6,51	6,47	42,82	4,65	4,62	45,00
-0.038	36,60	36,36	36,36	40,61	40,38	40,38
Итого	100,67	100,00		100,58	100,00	
-0.074 мм	51,4%			55,5%		

С целью идентификации оптимальной крупности питания флотации ставились в лабораторных условиях флотационные опыты в однокамерной машине Essa ® FTM101 с объемом камеры 3,5 л, полезный рабочий объем составляет 3 л (рис.9). Заливается пульпа в камеру флотомашин, включается двигатель и без подачи воздуха пульпа перемешивается. В камеру добавляется обратная или техническая вода, которая обеспечивает свободную циркуляцию пульпы. Уровень пульпы в камере флотационной машины достигается добавлением воды, которой смывается налипшие на стенки и другие части камеры пену.

Схема проведения тестовых флотационных испытаний в открытом цикле включала в себя операции агитация (2 мин), основная флотация (3 мин) и

контрольная флотация (9 мин). Съем пены производился с флотокамеры каждые 5 секунд [12].



Рисунок 10 – Флотационная испытательная машина Essa® FTM 101 компании FLSmidth

Таблица 10 – Базовые реагенты, используемые в коллективной флотации медно-молибденовой руды месторождения Актогай

Реагенты	Наименование	Концентрация рабочего раствора, %
Собиратель первичных минералов меди	Изопропил этил тиокарбамат IPETC	100
Собиратель вторичных минералов меди	Изобутиловый ксантогенат натрия SIBX (C <sub>5</sub> H <sub>9</sub> NaOS <sub>2</sub> )	20
Собиратель молибденита	Fuel oil(дизельное топливо, летнее/зимнее)	100
Регулятор среды	Гашеная известь (известковое молоко)	20
Пенообразователь	Oreprep X-133	100

Условия проведения флотации в лабораторном режиме приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Параметры проведения флотационных испытаний на определение оптимальной крупности

Крупность питания флотации, % –0.074 мм	Расход реагентов, г/т			Плотность, %	рН
	В мельницу	На основную флотацию	На контрольную флотацию		
47,5%	ИРЕТС: 10 г/т Дизель: 5 г/т	ИРЕТС: 2 г/т Х-133: 10 г/т	SIBX: 3 г/т Х-133: 2 г/т	33	9,8
48,5%					
51,4%					
55,5%					

Таблица 12 – Результаты лабораторных тестов по подбору оптимальной крупности в питании флотации

Крупность, % –0.074 мм	Выход, %	Извлечение Cu, %	Извлечение Mo, %	Содержание Cu, %	Содержание Cu в хвостах, %
47,5%	8,74	85,91	80,88	3,9	0,061
48,5%	9,14	86,88	78,7	3,6	0,055
51,4%	10,96	88,21	81,15	3,1	0,052
55,5%	10,92	89,73	84,86	3,3	0,046

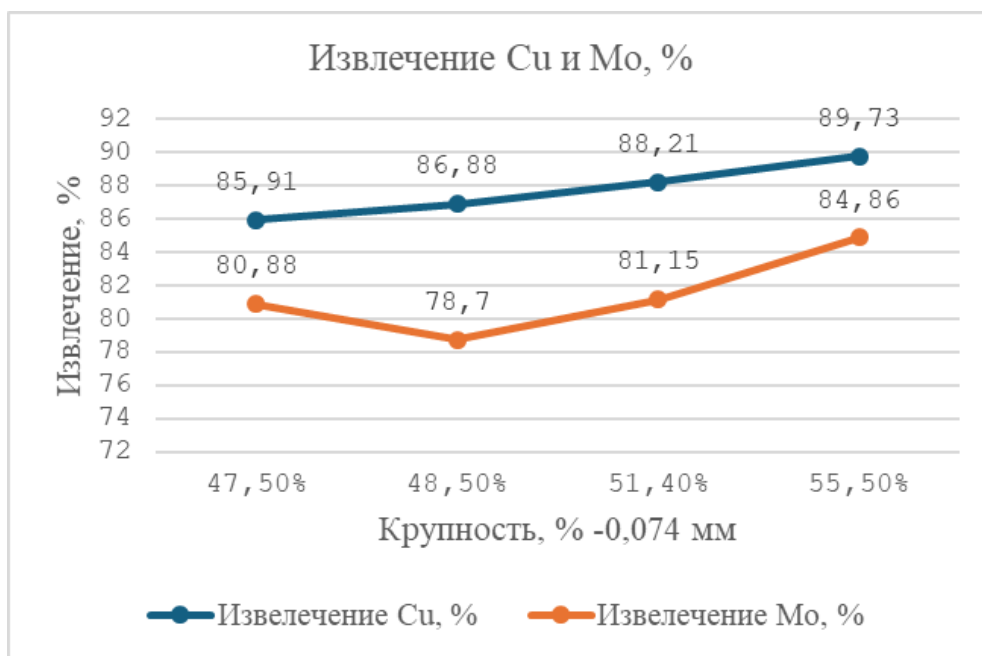


Рисунок 11 – Извлечение Cu и Mo при разных крупностях питания флотации

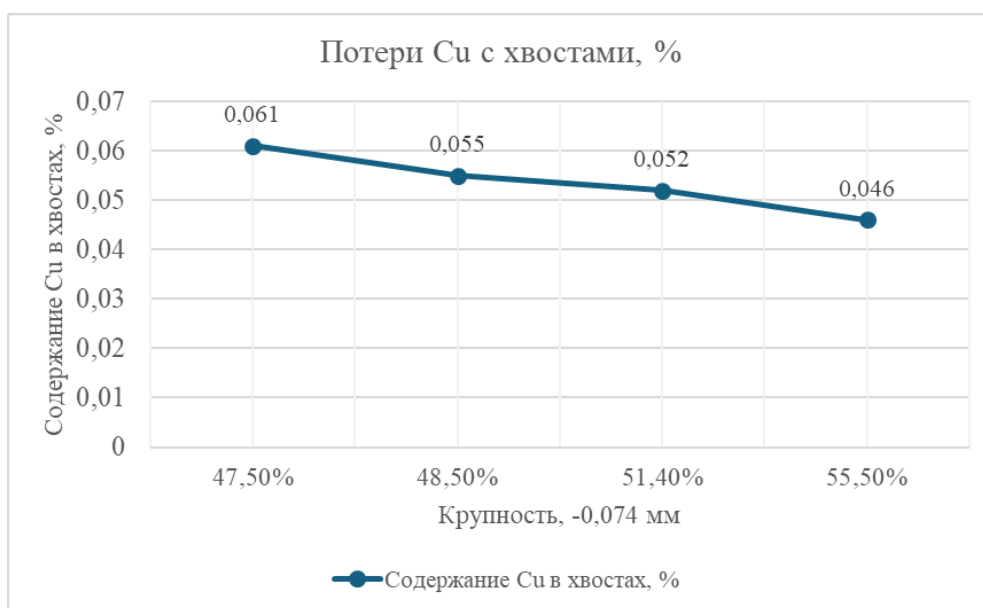


Рисунок 12 – Потери Cu с хвостами контрольной флотации

Согласно результатам состава хвостов контрольной флотации, оптимальная крупность в питании флотации достигается при измельчении 55,5% класса  $-0,074$  мм. При крупности ниже 55% класса  $-0,074$  мм возрастает содержание Cu с отвальными хвостами. Высокое извлечение Cu и Mo получено также при крупности помола 55,5% класса  $-0,074$  мм, что показывает хорошую раскрываемость минералов в сростках.

### 3.2 Исследования по подбору оптимальной величины pH

Проведена серия флотационных испытаний по определению оптимальной величины pH. Реагенты подавались с тем же расходом, как в предыдущих испытаниях по подбору оптимальной крупности измельчения, крупность питания флотации 55,5% класса  $-0,074$  мм.

Таблица 13 – Параметры проведения флотации на определение оптимальной величины pH

pH	Расход реагентов, г/т			Плотность, %	Крупность в питании, % $-0.074$ мм
	В мельницу	На основную флотацию	На контрольную флотацию		
9,4	ИРЕТС: 10 г/т Дизель: 5 г/т	ИРЕТС: 2 г/т Х-133: 10 г/т	SIBX: 3 г/т Х-133: 2 г/т	33	55%
9,8					
10,2					
10,6					

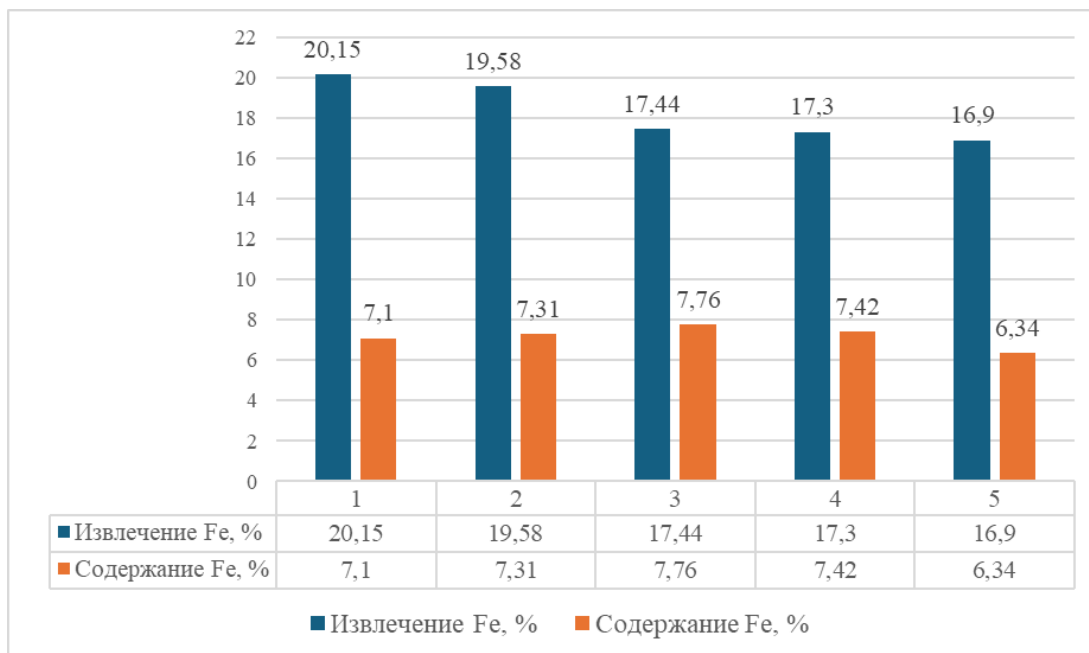


Рисунок 13 – Извлечение и содержание Fe в концентрат при разных рН

Согласно данным в диаграмме, есть обратная пропорциональность извлечения и содержания железа в концентрате к рН, то есть наблюдается тенденция уменьшения извлечения и содержания Fe в концентрате с увеличением величины рН флотации.

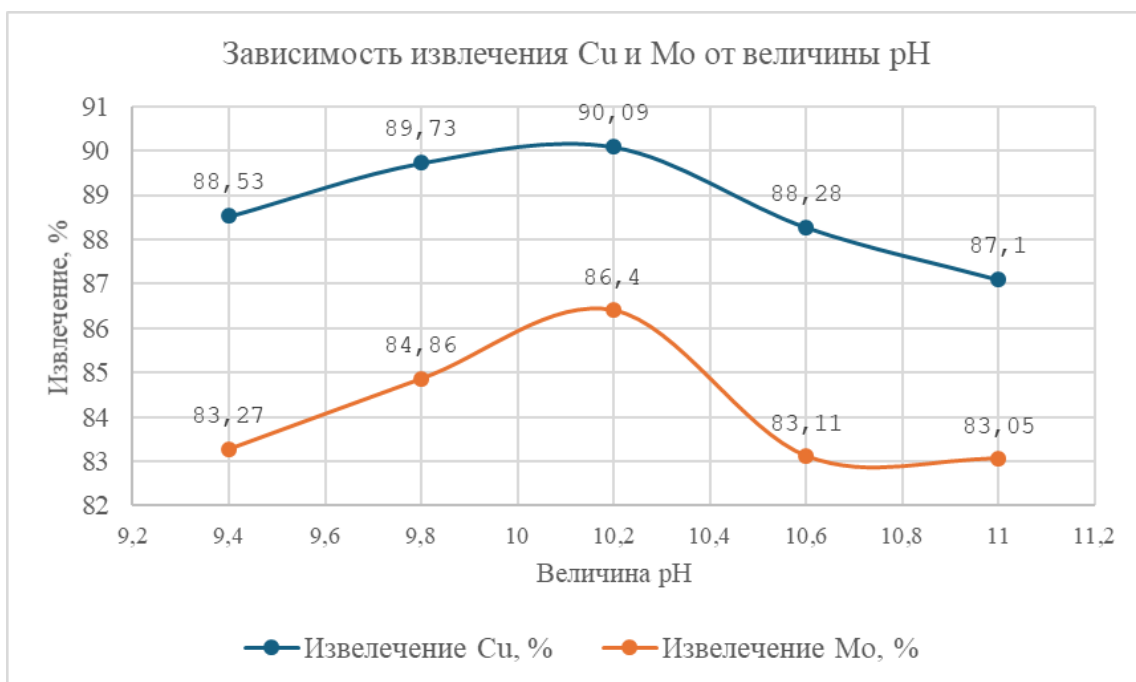


Рисунок 14 – Зависимость извлечения Cu и Mo от разных рН флотации



По графику зависимости извлечения Cu и Mo от разных рН флотации видно, что при увеличении рН до 10,2 возрастает извлечение меди и молибдена в концентрат. При увеличении рН среды далее до 10,6 и 11 хорошо влияет на извлечение и содержание железа в черновом концентрате, однако извлечение меди и молибдена значительно снижается. Это доказывает, что при рН выше 10,2 медь и молибден депрессируются вместе с пиритом. Таким образом, оптимальной величиной рН флотации является диапазон 10–10,2.

### 3.3 Исследования по подбору оптимального расхода собирателя IPETC и пенообразователя Ogerper X-133

С целью изучения влияния изменения расхода реагентов на показатели флотационного обогащения в лабораторных условиях при параметрах приведенных в таблице 14.

Таблица 14 – Параметры проведения флотации на определение оптимального расхода реагентов

Крупность питания флотации, % –0.074 мм	Расход реагентов, г/т			Плотность, %	рН
	В мельницу	На основную флотацию	На контрольную флотацию		
55,5%	IPETC: 6 г/т Дизель: 5 г/т	IPETC: 2 г/т X-133: 10 г/т	SIBX: 3 г/т X-133: 2 г/т	33	10,2
	IPETC: 10 г/т Дизель: 5 г/т	IPETC: 2 г/т X-133: 10 г/т	SIBX: 3 г/т X-133: 2 г/т		
	IPETC: 14 г/т Дизель: 5 г/т	IPETC: 2 г/т X-133: 10 г/т	SIBX: 3 г/т X-133: 2 г/т		
	IPETC: 10 г/т Дизель: 5 г/т	IPETC: 2 г/т X-133: 14 г/т	SIBX: 3 г/т X-133: 2 г/т		
	IPETC: 10 г/т Дизель: 5 г/т	IPETC: 2 г/т X-133: 18 г/т	SIBX: 3 г/т X-133: 2 г/т		

Флотационные испытания проводились также, как и в предыдущих тестах, в открытом цикле и включала в себя операции: агитация – 2 мин, основная флотация – 3 минуты и контрольная флотация – 9 мин. Съём пены с флотокамеры каждые 5 секунд.

Результаты тестов приведены на рисунках (15-17) в виде графических диаграмм.

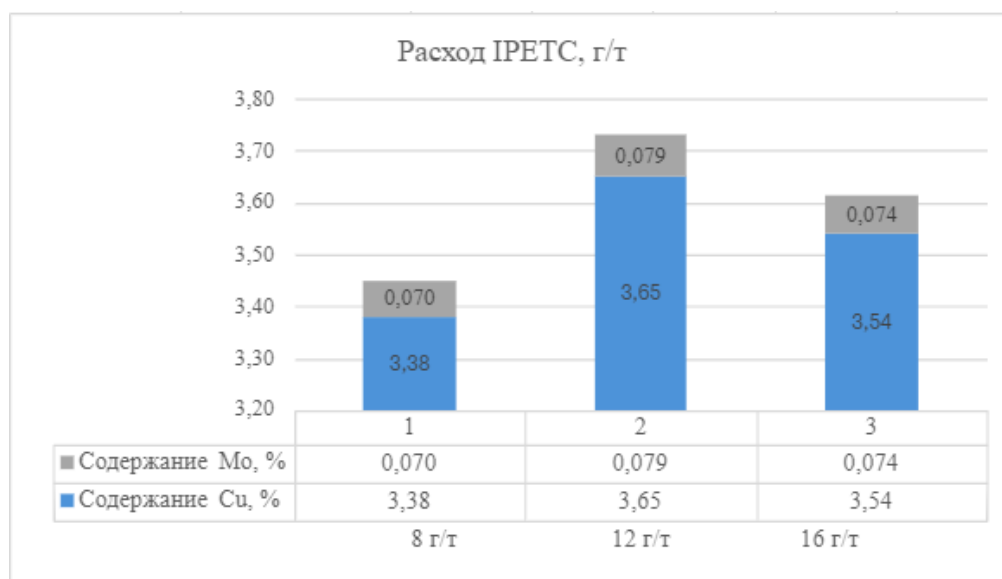


Рисунок 15 – Содержание меди и молибдена в концентрате при различных расходах собирателя ИРЕТС

По диаграмме наивысшее содержание меди и молибдена в коллективном концентрате получено при расходе собирателя ИРЕТС 12 г/т: 3,65% Си и 0,079% Мо. При дальнейшем увеличении расхода ИРЕТС 16 г/т: содержание меди и молибдена в концентрате снизилось до 3,54% и 0,074% соответственно.

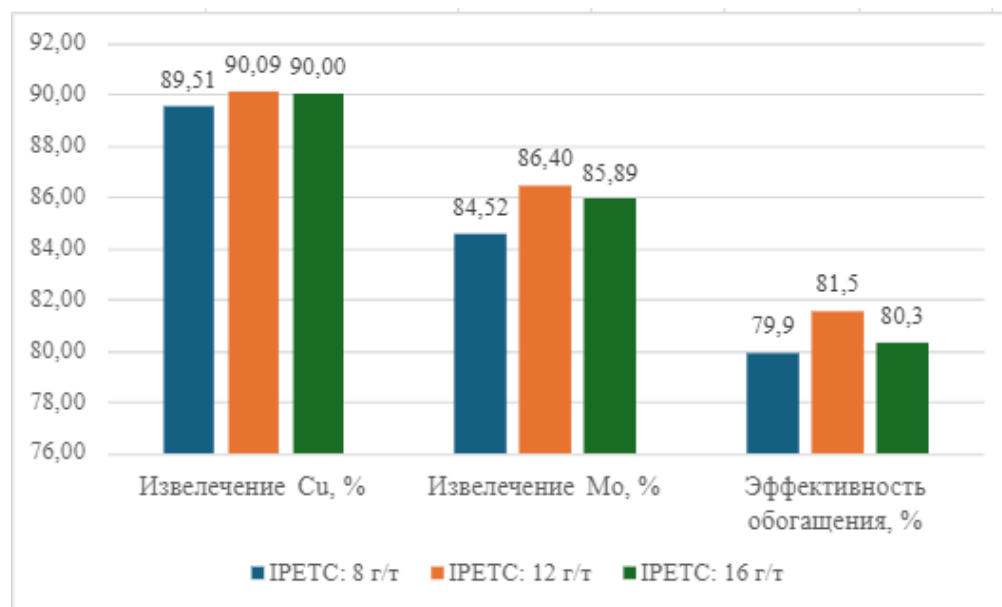


Рисунок 16 – Зависимость извлечения меди и молибдена в концентрат и эффективности обогащения от разных расходов собирателя ИРЕТС

Высокое извлечение металлов в черновой концентрат и эффективность обогащения получено также при подаче собирателя ИРЕТС 12 г/т. Таким образом,

дальнейшее увеличение расхода собирателя IPETS не демонстрирует улучшений показателей флотационного обогащения, оптимальным расходом IPETS является 12 г/т.

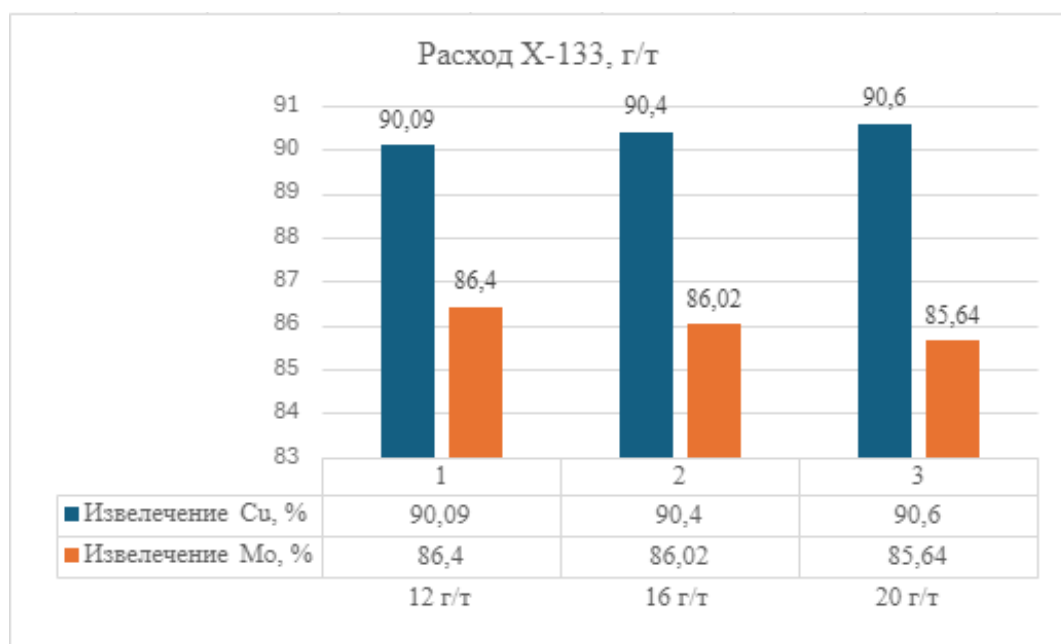


Рисунок 17 – Показатели извлечения меди и молибдена при различных расходах пенообразователя X-133

Исходя из полученных результатов, во флотационных тестах с различным расходом пенообразователя Ogerper X-133 не наблюдается явно выраженного различия в показателях флотационных испытаний. Увеличение подачи вспенивателя до 20 г/т повышает извлечение меди на 0,5%, а извлечение молибдена в концентрат снижается с 86,4% до 85,64%, по сравнению с опытом где X-133 подавался 12 г/т. Оптимальным расходом пенообразователя будет считаться диапазон 12-16 г/т.

### ***Выводы к 3 главе:***

В итоге проведенных исследований в лабораторных условиях по оптимизации реагентного режима флотации были получены следующие результаты:

- Оптимальная крупность измельчения/питания флотации: 55% класса – 0,074мм;
- Оптимальной величиной рН является диапазон 10-10,2. При увеличении рН среды далее до 10,6 и 11 хорошо влияет на извлечение и содержание железа в черновом концентрате, то есть депрессирует железо. Однако извлечение меди и молибдена значительно снижается.

– При испытаниях с различным расходом реагента собирателя IPETS наилучшие показатели флотационного обогащения были получены при подаче собирателя 12 г/т;

– Во флотационных тестах с различным расходом пенообразователя X-133 оптимальным выявлен диапазон 12-16 г/т. Увеличение подачи вспенивателя до 20 г/т повышает извлечение меди на 0,5%, а извлечение молибдена в концентрат снижается с 86,4% до 85,64%, по сравнению с опытом где X-133 подавался 12 г/т.

#### 4 Сравнительные флотационные испытания базовых реагентов собирателей и собирателей компании Clariant (Швейцария) в лабораторных условиях

Дизельное топливо (Fuel oil) – аполярный собиратель молибдена, который подается в контур коллективной и молибденовой флотации, периодически приводит к проблеме увеличения влаги в готовом товарном медном концентрате.

В целях поиска решения этой проблемы, а также увеличения извлечения меди и молибдена в цикле коллективной флотации Cu-Mo и уменьшения влияния дизельного топлива на износ резиновых прокладок в трубах и оборудовании проведены сравнительные флотационные испытания в лабораторных условиях.

Два новых реагента коллектора CLARIANT, EFNA123/18 и HOSTAFLOT™ 10010, были протестированы в сравнении с базовыми собирателями IPETC и Diesel. Эти испытания включали в себя сокращение наполовину и полное исключение дизельного топлива из технологического процесса. EFNA123/18 был протестирован в дозировках 16 г/т, 18 г/т и 20 г/т. HOSTAFLOT™ 10010 был протестирован в тех же дозировках, что и заменяющий его IPETC. Оба коллектора Clariant были сравнены с действующим базовым коллектором IPETC.

Условия проведения флотационных испытаний остаются прежними, за исключением расхода реагентов собирателей на основную флотацию. Крупность питания флотации: 55% класса –0,074мм, рН среды 10,2 и плотность пульпы – 33%. Расход базовых собирателей и реагентов Clariant на основную флотацию приведены в таблице 15.

Таблица 15 – Реагентный режим сравнительных флотационных тестов

IPETC	Дизель	EFNA123/18	HF 10010	SIBX	X-133
18 + 2 г/т	5			12 г/т	10 + 2 г/т
18 + 2 г/т	0				
	0	18 + 2 г/т			
	2,5	16 + 2 г/т			
	2,5	18 + 2 г/т			
	2,5	20 + 2 г/т			
	5		18 + 2 г/т		

Таблица 16 – Результаты сравнительных тестов коллективной Cu-Mo флотации

Расход реагентов:	Содержание Cu, %	Содержание Mo, %	Извлечение Cu, %	Извлечение Mo, %
IPETC: 18+2 г/т Дизель: 5 г/т	3,8	0,079	88,6	83,2

Продолжение таблицы 16

Расход реагентов:	Содержание Cu, %	Содержание Mo, %	Извлечение Cu, %	Извлечение Mo, %
IPETC: 18+2 г/т Дизель: 0 г/т	3,3	0,068	88,7	82,3
EFNA123/18: 18+2 г/т Дизель: 0 г/т	4,4	0,09	90,1	83,1
EFNA123/18: 16+2 г/т Дизель: 2,5 г/т	4,3	0,089	85,1	81,1
EFNA123/18: 18+2 г/т Дизель: 2,5 г/т	4,0	0,09	89,1	86,8
EFNA123/18: 20+2 г/т Дизель: 2,5 г/т	4,2	0,099	89,7	85,7
HF 10010: 18+2 г/т Дизель: 5 г/т	4,6	0,1	91,2	86,2

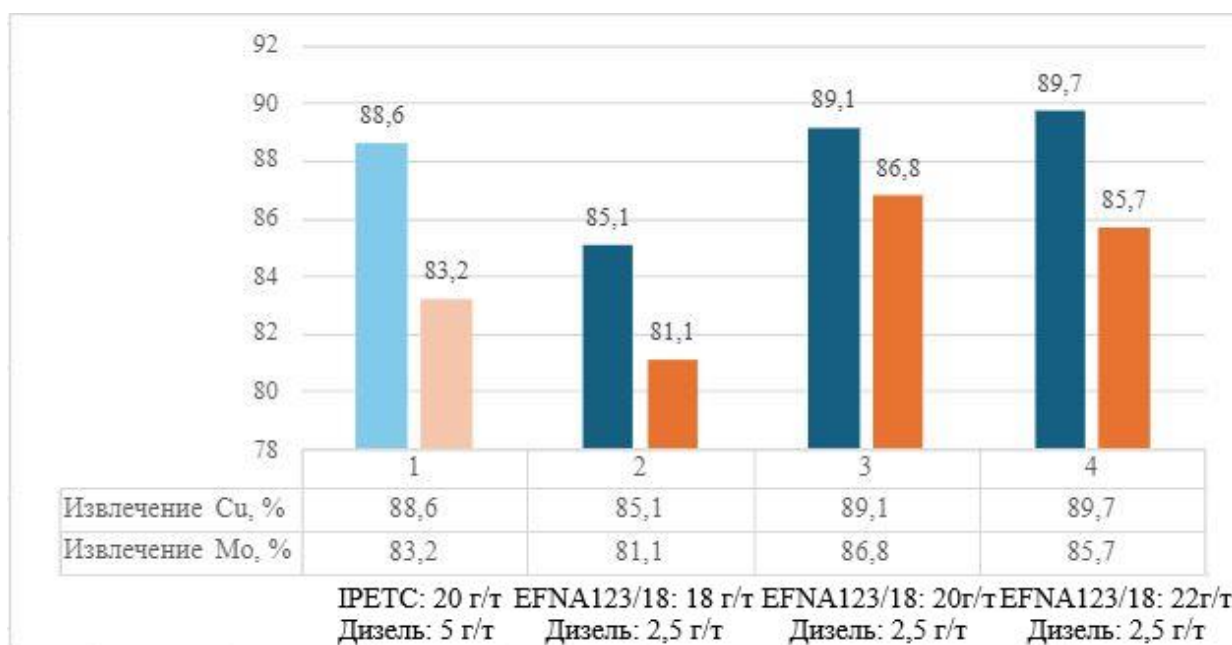


Рисунок 18 – Зависимость различного расхода реагента EFNA 123/18 от извлечения Cu/Mo в сравнении с базовым реагентом IPETC

На основании полученных данных, с применением коллектора EFNA 123/18 достигнуто извлечение меди 89,1% и 86,8% молибдена, выше на 0,5% и 3,6% соответственно в сравнении с применением базового IPETC при одинаковых расходах 20 г/т, за исключением что, дизель подавался с EFNA 123/18 расходом в два раза меньше (2,5 г/т).

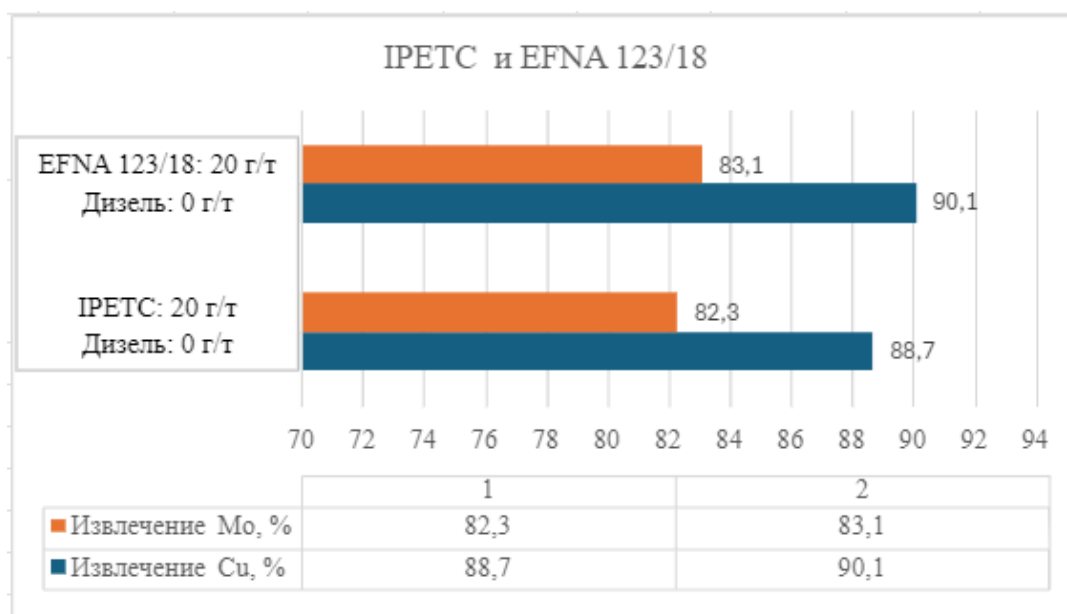


Рисунок 19 – Извлечение Cu/Мо при одинаков расходах IPETC и EFNA 123/18

Наблюдается высокое извлечение меди 90,1% при использовании реагента EFNA 123/18 без добавления дизеля. Повышение извлечения молибдена не достигнуто.

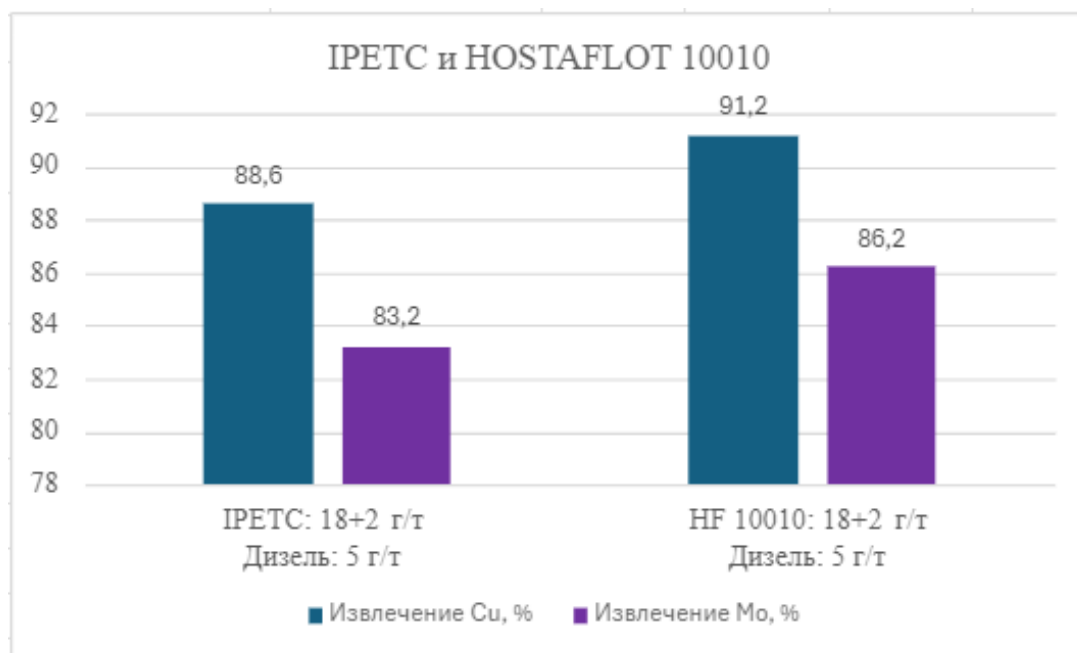


Рисунок 20 – Извлечение Cu/Мо при одинаков расходах дизеля, IPETC и HOSTAFLOT™ 10010

Реагент-собираетель Hostafлот 10010 продемонстрировал высокое извлечение меди и молибдена 91,2% и 86,2% соответственно, при расходах 20 г/т и дизеля 5 г/т.

***Выводы к 4 главе:***

Флотационные испытания реагента-собираетеля EFNA 123/18 включали в себя сокращение наполовину и полное исключение дизельного топлива.

Результаты сравнительных испытаний показывают, что EFNA 123/18 достигнуто извлечение меди 89,1% и 86,8% молибдена, выше на 0,5% и 3,6% соответственно в сравнении с применением базового IPETC при одинаковых расходах 20 г/т, за исключением того, что дизель подавался с EFNA 123/18 расходом в два раза меньше (2,5 г/т).

Наблюдается высокое извлечение меди 90,1% при использовании реагента EFNA 123/18 без добавления дизеля. Повышение извлечения молибдена не достигнуто. Однако, надо учитывать, что эти результаты были достигнуты в использовании базового реагентного режима без увеличенного расхода реагентов. При использовании базового реагентного режима извлечение Мо получено 86,4%, выше на 3,3% при использовании EFNA 123/18 без добавления дизеля.

При использовании коллектора Hostafлот 10010 получено высокое извлечение меди и молибдена 91,2% и 86,2% соответственно, при расходах 20 г/т и дизеля 5 г/т.



## 5 Краткий технико-экономический расчет по применению нового реагента собирателя

Таблица 17 – Технико-экономический расчет по применению новых реагента собирателя

Показатели	Базовые реагенты		Реагент Clariant
	IPETC	Дизель	EFNA 123/18
Среднее содержание меди в руде, %	0,47		
Средняя переработка руды, т/ч	3600		
Извлечение Cu, % (в лабораторных условиях)	90,1		90,1
Извлечение Mo, % (в лабораторных условиях)	86,4		83,1
Расход реагента, г/т	12	5	20
Расход реагента при средней переработке 3600 т/ч	43 200 г	18 000 г	72 000 г
Цена за 1 кг, \$	6	1	6
Итого, \$	277,2		432
Разница в сумме, \$	– 154,8		

Расчет был произведен на основании проведенных лабораторных испытаний, где расход каждого реагента был не одинаковый, при этом извлечение по Cu получено одинаково 90,1%. Извлечение Mo 86,4% было достигнуто при базовом режиме, на 3,3% выше чем с применением тестового реагента. Базовый реагентный режим: IPETC 12 г/т и дизель 5 г/т. Тестовый реагент: EFNA 123/18 – 20 г/т без добавления дизеля.

При сравнении стоимости расхода реагентов подсчитано, что затраты на EFNA 123/18 будут больше на 1,56 раз, то есть 154,8 долларов США. Но стоит отметить, что коллектор EFNA 123/18 не был испытан в промышленных целях на обогатительной фабрике.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования, проведенные в рамках диссертации, позволили получить следующие результаты и выводы:

1 Выполнен анализ современного состояния переработки медных руд флотационным методом обогащения.

2 Изучен минералогический, полный химический и фазовый состав медно-молибденовой руды месторождения Актогай. Выполнен также дифрактометрический и микроскопический анализ исходной руды.

3 Проведены лабораторные флотационные испытания по оптимизации реагентного режима на медно-молибденовой руде Актогайского месторождения и получены следующие результаты:

– оптимальная крупность питания флотации: 55% класса  $-0,074\text{мм}$ ;

– оптимальной величиной рН является диапазон 10-10,2. При увеличении рН среды далее до 10,6 и 11 хорошо влияет на извлечение и содержание железа в черновом концентрате, то есть депрессирует железо. Однако извлечение меди и молибдена значительно снижается.

– при испытаниях с различным расходом реагента собирателя IPETC наилучшие показатели флотационного обогащения были получены при подаче собирателя 12 г/т;

– во флотационных тестах с различным расходом пенообразователя X-133 оптимальным выявлен диапазон 12-16 г/т. Увеличение подачи вспенивателя до 20 г/т повышает извлечение меди на 0,5%, а извлечение молибдена в концентрат снижается с 86,4% до 85,64%, по сравнению с опытом, где X-133 подавался 12 г/т.

4 Сравнительные флотационные испытания в лабораторном режиме новых реагентов коллекторов Clariant и базовых реагентов показали следующее:

Коллектор EFNA 123/18 протестирован в целях сокращения наполовину или полного исключения применения дизельного топлива. Дозированием реагента EFNA 123/18 на основную флотацию достигнуто извлечение меди 89,1% и 86,8% молибдена, выше на 0,5% и 3,6% соответственно в сравнении с применением базового IPETC при одинаковых расходах 20 г/т, за исключением того, что дизель подавался с EFNA 123/18 расходом в два раза меньше (2,5 г/т). Получено высокое извлечение меди 90,1% при использовании реагента EFNA 123/18 без добавления дизеля. Повышение извлечения молибдена не достигнуто. Однако, надо учитывать, что эти результаты были достигнуты в использовании базового реагентного режима без увеличенного расхода реагентов. При использовании базового реагентного режима извлечение Мо получено 86,4%, выше на 3,3% при использовании EFNA 123/18 без добавления дизеля.

При использовании коллектора Hostafлот 10010 получено высокое извлечение меди и молибдена 91,2% и 86,2% соответственно, при расходах 20 г/т и дизеля 5 г/т.

5 Проведен краткий технико-экономический анализ в сравнении нового реагента коллектора EFNA 123/18 с базовыми собирателями. По расчету затраты на EFNA 123/18 обойдутся больше на 1,56 раз.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 L. Semushkina, G. Abdykirova, D. Turysbekov, S. Narbekova, Zh. Kaldybayeva, A. Mukhamedilova. Flotation processing of copper-molybdenum ore using a combined flotation reagent / *Metalurgija* 61 (2022) 1, 225-228.
- 2 Александрова Т.Н., Орлова А.В., Таранов А.В. Современное состояние переработки медных руд (обзор) / *Известия вузов. Цветная металлургия*, – Санкт-Петербург, 2021. – Т. 27. № 3.
- 3 В.А. Wills, Т.Т. Napier–Munn. *Mineral Processing Technology. An Introduction to the Practical Aspects of Ore Treatment and Mineral Recovery* / Publisher: Elsevier Science & Technology Books, – October 2006.
- 4 Kym Runge, Jaclyn McMaster Michael Wortley, David La Rosa Olivier Guyot. A Correlation Between Visiofroth™ Measurements and the Performance of a Flotation Cell. – Электронный ресурс: [https://www.researchgate.net/publication/267428907\\_A\\_Correlation\\_Between\\_Visiofroth\\_Measurements\\_and\\_the\\_Performance\\_of\\_a\\_Flotation\\_Cell](https://www.researchgate.net/publication/267428907_A_Correlation_Between_Visiofroth_Measurements_and_the_Performance_of_a_Flotation_Cell)
- 5 Абрамов А.А. Флотационные методы обогащения: Учебник. – 4-е изд., переработ. и доп. — М.: Издательство «Горная книга», 2016. — 595 с.
- 6 Абрамов А.А. Переработка, обогащение и комплексное использование твердых полезных ископаемых: Учебник для вузов. В 3 т. – М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2004. – Т. II. Технология обогащения полезных ископаемых. – 510 с.
- 7 Yushina T.I., Purev B., D’Elia K., Namuungerel B. Analysis of technological schemes and substantiation of the selection of the reagent regimes for copper-molybdenum ores flotation / *Non-ferrous Metals*. 2019. No. 1. pp. 3–11.
- 8 Maurice C. Fuerstenau Graeme Jameson, Roe-Hoan Yoon. Froth flotation “A century of innovation” / *Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc.* – 2007. Electronic edition published 2009.
- 9 Справочник по химическим реагентам для добывающей промышленности / *Cytec Industries Inc.* Глава 4. Методы флотации сульфидных руд.
- 10 Абрамов АЛ. Флотационные методы обогащения. – М.: Недра, 1984. с. 383.
- 11 Глембоцкий ВЛ., Классен В.И. Флотационные методы обогащения. – М.: Недра, 1984. с. 304.
- 12 Технологический регламент на технологию переработки сульфидных руд месторождения Актогай, Каз Минералз Актогай. – Актогай, 2021.
- 13 Митрофанов С.И. Исследование руд на обогатимость – Москва, 1954. с. 317.
- 14 Кусков, В.Б. Обогащение и переработка полезных ископаемых / Учебное пособие. – Санкт-Петербург, 2002.

15 Лавриненко, А.А. Современные флотационные машины для минерального сырья / Журнал «Горная техника».

16 Карнаухов Н.С. Исследования и разработка технологии переработки медно-молибденовых руд на КОО «Эрдэнэт» с применением селективных собирателей и органического депрессора с целью повышения извлечения молибдена – Москва, 2007.

17 Моршинин В.М. Основы обогащения полезных ископаемых – 1987. с. 146.

18 Зверевич В.В. Основы обогащения полезных ископаемых – Недра, 1971. с. 147.

19 Жаролла Н.Д., Ергешев А.Р., Игнаткина В.А. Оценка селективности действия сульфгидрильных собирателей на основе дитиофосфатов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – Москва, 2020.

20 Эрдэнэзуул Жаргалсайхан, Морозов В.В. Оптимизация реагентных режимов флотации медно-молибденовых руд с применением экономико-ориентированных критериев // Горный информационно-аналитический бюллетень. – Москва, 2019. №3. – с. 210-220.

## Приложение А

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТЕРЛІГІ  
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**



Ө.А.Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты  
Горно-металлургический институт им. О. А. Байконурова

**«ЭКОНОМИКАНЫҢ ТҰРАҚТЫ ДАМУЫ ЖАҒДАЙЫНДАҒЫ  
МИНЕРАЛДЫҚ-ИНДУСТРИЯЛЫҚ МЕГАКЕШЕНДЕГІ  
РЕСУРС ҮНЕМДЕУШІ ТЕХНОЛОГИЯЛАР»  
Халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференциясының  
ЕНБЕКТЕР ЖИНАҒЫ  
14-15 наурыз 2024**

**СБОРНИК ТРУДОВ  
Международной научно-практической конференции  
«РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ  
В МИНЕРАЛЬНО-ИНДУСТРИАЛЬНОМ МЕГАКОМПЛЕКСЕ  
В УСЛОВИЯХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ»  
14-15 марта 2024**

**PROCEEDINGS  
International Scientific and Practical Conference  
«RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES  
IN THE MINERAL-INDUSTRIAL MEGA-COMPLEX  
IN CONDITIONS OF SUSTAINABLE ECONOMY DEVELOPMENT»  
14-15 of March, 2024**

Алматы 2024

УДК 338  
ББК 65.304  
Э40

Главный редактор:  
Кульдеев Е. И. – канд. техн.наук, профессор.

Редакционная коллегия: Кульдеев Е. И., канд.техн.наук, проф., проректор по науке и корпоративному развитию КазННТУ им. К. И. Сатпаева; Рысбеков К. Б., к.т.н., проф., директор ГМИ; Молдабаев С. К., д.т.н., проф.; Юсупов Х. А., д.т.н., проф.; Орынбасарова Э. О., доктор PhD, ассоц.проф.; Барменшинова М. Б., к.т.н., ассоц.проф.; Чепуштанова Т. А., к.т.н., ассоц.проф.; Кудайбергенев К. К., докт. PhD., Кубекова Ш. Н., к.т.н., доцент.

«Ресурсосберегающие технологии в минерально-индустриальном мегакомплексе в условиях устойчивого развития экономики» Сборник трудов Международной научно-практической конференции. Гл. ред. Е. И. Кульдеев – Алматы: КазННТУ, 2024. – с.555

ISBN 978-601-323-440-3

*В сборнике опубликованы доклады участников международной научно-практической конференции «Ресурсосберегающие технологии в минерально-индустриальном мегакомплексе в условиях устойчивого развития экономики», проведенной 14-15 марта 2024 г.: приглашённых зарубежных ученых, представителей вузов, предприятий горно-металлургического комплекса и научно-технических организаций страны.*

УДК 338  
ББК 65.304

ISBN 978-601-323-440-3

© КазННТУ им. К. И. Сатпаева, 2024



инкеля в модельном растворе на 98-99 %. Снижение концентрации инкеля на фракции образцов К-5, ЛЗ-3, К-8 было в пределах 95-97%.

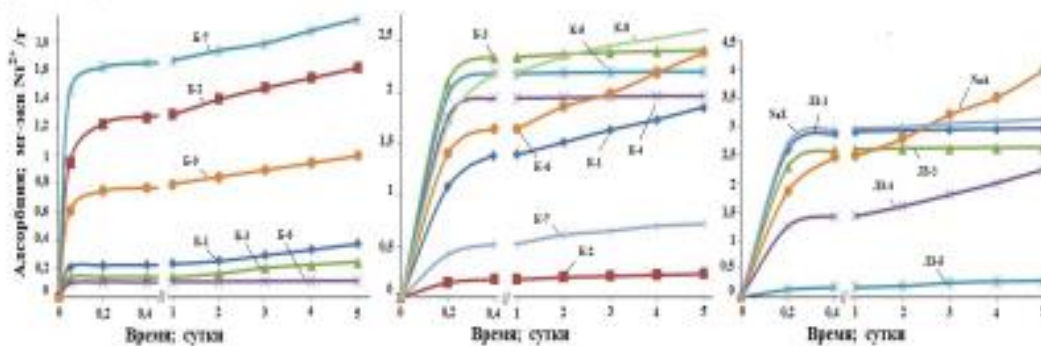


Рисунок 3 - Влияние способа синтеза адсорбентов в порошковой форме и времени адсорбции на адсорбцию катионов инкеля (~ 1 г адсорбента в 30 мл раствора с исходной концентрацией 120 мг-экв  $\text{Ni}^{2+}/\text{л}$ )

#### Выводы.

1. Показано, что не обогащенные глинистые минералы Узбекистана бентонит и каолин с высоким содержанием примесей, и летучая угольная зола Агресской ТЭС могут быть преобразованы в цеолитные адсорбенты методом щелочного сплавления с  $\text{NaOH}$  и оксидом алюминия техногенного происхождения.

2. Цеолитные адсорбенты, полученные из недорогих материалов, способны существенно умягчать жесткую воду и снижать концентрацию соединений инкеля.

3. Простота технологического оформления процесса адсорбционной очистки, наряду с возможностью многократной регенерации позволяют рекомендовать их использование в качестве адсорбента на локальных очистных сооружениях в отдаленных районах с жесткостью воды более 7 мг-экв/л.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Naef A. A. Qasem, Ramy H. Mohammed, Dahiru U. Lawal. Removal of heavy metal ions from wastewater: a comprehensive and critical review. / N.A.A. Qasem, R.H. Mohammed, D.U. Lawal // *npj Clean Water* – 2021. – 4:36.
- 2 Карыбаева М.К. Оценка эффективности очистки воды от ионов тяжелых металлов природными цеолитами казахстанских месторождений/ М.К. Карыбаева, А.К. Адрышев // *Журнал «Естественные и технические науки»*. – Москва – 2012. – №3. – С.503-507.
- 3 Tasić Ž.Z. Application of natural zeolite in wastewater treatment – A review / Ž.Z. Tasić, G.D. Bogdanović, M.M. Antonijević // *Journal of Mining and Metallurgy*. – 2019. – 55 A. – №1. P. 67 – 79.
- 4 Tauanov. Z. Mineralogical, Microstructural and Thermal Characterization of Coal Fly Ash Produced from Kazakhstani Power Plants / Z. Tauanov, L. Abylgazina, C. Spitas, G. Itskos, V. Inglezakis // *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. – 2017 – Vol.230.
- 5 Ma H. Synthesis of Zeolite of Type A from Bentonite by Alkali Fusion Activation Using  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  / H. Ma, Q. Yao, Y. Fu, C. Ma, X. Dong. // *Ind. Eng. Chem. Res.* – 2010. – № 49(2). P. 454 – 458.
- 6 Lee Y.-R., Synthesis of nanoporous materials via recycling coal fly ash and other solid wastes: A mini review. / Y.-R. Lee, J.T. Soe, S. Zhang, J.-W. Ahn, M.B. Park, W.-S. Ahn // *Chemical Engineering Journal*. – 2017. – № 317. – P. 821–843.

УДК:622.7

#### ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОПТИМИЗАЦИИ РЕАГЕНТНОГО РЕЖИМА ФЛОТАЦИОННОГО ОБОГАЩЕНИЯ МЕДНОЙ РУДЫ

А.С. Ахметова, М.Б. Барменшинова, О.Т. Дюсембинов

*Sarbayev University, г. Алматы, Казахстан*

**Аннотация.** Статья рассматривает вопросы флотационного обогащения медно-молибденовых руд, представляющих ключевой источник сырья для производства меди и молибдена. В условиях изменяющегося состава сырья хороших результатов обогащения достигаются при оптимизации реагентного режима и выборе селективных реагентов. В лабораторных условиях была проведена серия тестов при одинаковом расходе разных сочетаний реагентов собирателей и вспенивателей. Результаты показали, что определенная комбинация реагентов, такие как IPETS и X-133,



приводят к более высокой эффективности обогащения по меди и молибдену, а также более селективному извлечению металлов в концентрат. Извлечение Cu в концентрат составило – 91,1%; также высокое извлечение Mo – 73,1%; эффективность обогащения по Cu – 80,4%; содержание Cu в отвальных хвостах – 0,06%. Индекс селективности по отношению к минералам железа также высокое при применении сочетания IPETS и X-133.

**Ключевые слова:** медно-молибденовая руда, флотация, извлечение, реагентный режим, собиратель, пенообразователь.

Медно-молибденные руды представляют собой основной сырьевой материал для производства меди и значительного объема молибдена. Порфириновые руды, содержащие медь и молибден, характеризуются присутствием крупных включений сульфидных минералов в породе, а также тесным взаимным проращением сульфидов меди, пирита и молибденита [1]. В связи с постоянным ухудшением качества минерального сырья на обогатительные фабрики поступают все более труднообогатимые руды с пониженным содержанием ценных компонентов. При таком случае важным фактором повышения эффективности реагентного режима флотационного обогащения медьсодержащих руд является выбор оптимальных параметров флотации, рациональное применение недорогих реагентов, их правильная дозировка, что улучшает селективность и скорость процесса.

Повышенное содержание железа (Fe) в пирите и окисленных минералах меди в руде значительно уменьшают эффективность обогащения и извлечение минералов из сырья.

Одним из ключевых аспектов при обогащении сульфидных медно-молибденовых руд является определение оптимальных реагентов по соотношению к пириту. Содержание пирита в коллективном концентрате оказывает влияние на итоговые показатели последующей селективной флотации, включая качество получаемых медных и молибденовых концентратов, а также извлечение металлов в концентрат [2].

С целью идентификации оптимальных сочетаний реагентов и влияния их изменений на показатели флотационного обогащения в лабораторных условиях была проведена серия тестов. Флотация проводилась в однокамерной машине FTM101 с объемом камеры 3,5 л.



Рисунок 1 – Флотационная испытательная машина Essa® FTM 101 компании FLSmidth

Схема проведения тестовых флотационных испытаний в открытом цикле включала в себя операции только основной флотации. Флотационные тесты проводились с различной комбинацией реагентов: собиратель IPETS (изопропил этил тиокарбамат), собиратель SIBX (избутиловый ксантогенат натрия) –  $C_3H_9NaOS_2$ , пенообразователи X-133 и MIBC на исходной руде с химическим и фазовым составом приведенными в таблице ниже [3].

Таблица 1 – Химический состав руды

ρ, %	pH	Крупность 180 μm, %	P80%, μm	Химический состав, %							
				Cu	Fe	Mo	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SiO <sub>2</sub>	S
33	9,6	83	165	0,56	2,3	0,009	14,8	1,9	1,3	62,9	1,4

Таблица 2 – Фазовый анализ руды

	Анализ фаз Cu			
	Первичные	Вторичные	Оксидные	Всего
Содержание в руде	0,33	0,22	0,012	0,562
От всего Cu	58,72	39,15	2,14	100

Согласно фазовому анализу в руде медь на 58,72% представлена первичными сульфидными минералами меди, на 39,15% вторичными, и на 2,14% – оксидными минералами Cu.

Все 4 пробы руды подвергались измельчению с добавлением по 15 г/т собирателя: IPETS и SIBX, соответственно, в лабораторной стержневой мельнице в течение 4 минут. Флотация проводилась в открытом цикле, основная флотация из 4 серий по 2 минуты, в общем 8 минут. Время агитации составило 2 минуты.

Таблица 3 – Расход реагентов

№	Реагенты	На измельчение, г/т	На флотацию, г/т	Всего, г/т
1	IPETC + X-133	15+0	4+12	19+12
2	IPETC + MIBC			
3	SIBX + X-133			
4	SIBX + MIBC			



Рисунок 2 – График зависимости извлечения и содержания Cu в концентрат

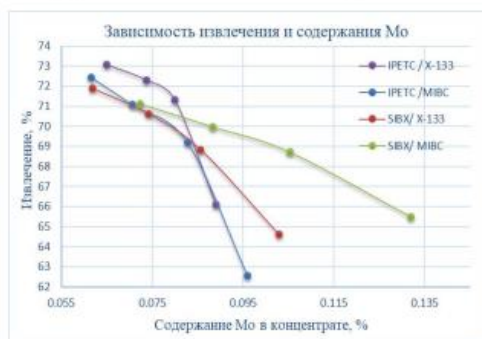


Рисунок 3 – График зависимости извлечения и содержания Mo в концентрат



Рисунок 4 – График зависимости извлечения и содержания Fe в концентрат



Рисунок 5 – График потери Cu с отвальными хвостами

Таблица 4 – Сводные данные по результатам тестов

	$\gamma$ , %	$\varepsilon$ (Cu), %	$\varepsilon$ (Mo), %	$\beta$ (Cu), %	$\beta$ (Mo), %	$\eta$ по Cu, %	I селективность и (Fe)	Cu, % в хвостах
IPETC/X-133	11,1	91,1	73,1	4,9	0,065	80,4	1,97	0,06
IPETC/MIBC	11,3	89,7	72,4	4,75	0,062	78,8	1,89	0,07
SIBX/X-133	11,0	88,0	71,9	4,72	0,062	77,4	1,85	0,08
SIBX/MIBC	9,3	86,2	71,1	5,51	0,072	77,4	1,94	0,09

**Заключение.** Согласно полученным результатам, при одинаковом расходе реагентов результаты флотации по меди с реагентами IPETC и X-133 показатели выше, чем с остальными сочетаниями. Извлечение Cu в концентрат составило – 91,1%; также высокое извлечение Mo – 73,1%; эффективность обогащения по Cu – 80,4%; содержание Cu в отвальных хвостах – 0,06%. Индекс селективности по отношению к минералам железа высокое при применении сочетания IPETC и X-133. График на диаграмме по IPETC и X-133 лежит левее, чем остальные графики. Из этого следует, что сочетание этих реагентов более селективно по отношению к железу (рис. 4). Худшие показатели получены при использовании сочетания реагентов SIBX и MIBC.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Карнаухов С.Н. Исследования и разработка технологии переработки медно-молибденовых руд на КОО «Эрдэнэт» с применением селективных собирателей и органического депрессора с целью повышения извлечения молибдена. Москва, 2007. – 19с.
- 2 Гэрэлтуяа С., Баатархуу Ж., Давааням С. Выбор селективного собирателя к пириту и разработка технологического режима в цикле коллективной флотации. Развитие новой техники и технологии в Монголии. Эрдэнэт, 1998, с. 43-44.
- 3 Технологический регламент на технологию переработки сульфидных руд месторождения Актогай, КазМинералс Актогай. Алматы, 2018. – 102с.

Код МРНТИ 52.45.03

### ҰСАҚТАУ БАРЫСЫНДА КҮКІРТТІҢ ЖӘНЕ НЕГІЗГІ КОМПОНЕНТЕРДІҢ КЕНДЕГІ ТАРАЛУЫН ЗЕРТТЕУ

**М. М. Атахан, Ж. Қ. Сағатбеков, А. М. Макашева**

*Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды қ., Қазақстан*

**Аннотация.** Металлургия өндірісі сапасы мен санын арттыруды қамтамасыз ететін кендерді қажет ететін, бірақ ондағы зиянды қоспалар мөлшері көп болған жағдайда олардан тазарту үрдістері қолданылады. Кентөбе кен орнынан алынған сынамаға гранулометриялық, химиялық талдаулар жүргізіліп, алынған сынамаларды ұсақтау барысында күкірттің және негізгі компоненттердің кендегі таралуы зерттелді.

**Кілтті сөздер:** күкірт, концентрат, компонент, фазалық талдау

Жыл сайын пайдалы қазбалар қоры азаюына байланысты металлургиялық өңдеуге қиын байытылатын минералды шикізатты пайдалану қажеттілігі туындайды. Пайдалы қазбаларды өңдеудің толықтығы мен кешенділігін арттыру, тиімділігі жоғары, экологиялық қауіпсіз технологияларды құру аса маңызды болып отыр. Ол іргелі



<i>А.У. Самадов, Н.Н. Носиров, Ж.У. Сузров</i> ИЗУЧЕНИЕ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА И ПОДГОТОВКА ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ РУД К ОБОГАЩЕНИЮ.....	376
<i>Н.Н. Абдылдаев, Б.К. Кенжалиев, А.К. Койжапова, К.М. Смаилов, Д.Р. Магомедов, М.Б. Ерденюва, Т.С. Омирбек</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ОБОГАЩЕНИЯ ЗАБАЛАНСОВЫХ РУД.....	378
<i>Э.Я. Ялшиев, Н.Ф. Исаева, М. Мансурова, А.А. Анпиев</i> СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ АДСОРБЕНТОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ МЕТАЛЛОВ.....	381
<i>А.С. Ахметова, М.Б. Барменшинова, О.Т. Дюсембинов</i> ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОПТИМИЗАЦИИ РЕАГЕНТНОГО РЕЖИМА ФЛОТАЦИОННОГО ОБОГАЩЕНИЯ МЕДНОЙ РУДЫ.....	384
<i>М.М. Атахан, Ж.Қ. Сағатбеков, А.М. Мақашева</i> ҰСАҚТАУ БАРЫСЫНДА КҮКІРТТІҢ ЖӘНЕ НЕГІЗГІ КОМПОНЕНТЕРДІҢ КЕНДЕП ТАРАЛУЫН ЗЕРТТЕУ.....	387
<i>А. Уларакова, А. Муканғалиева, N. Lokhova, K. Kassymzhanov</i> INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF ORGANIC POLYATOMIC ALCOHOLS ON THE MECHANISM OF NIOBIUM DISSOLUTION FROM TECHNOGENIC RAW MATERIALS.....	390
<i>М.А. Тулепова, Е.П. Щербак</i> ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЫСОКОХРОМИСТЫХ БЕЛЫХ ЧУГУНОВ ДЛЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ КОРРОЗИОННЫХ СРЕД.....	393
<i>А.Қ. Сейсенбек, Ш.А. Телков, Н.Ю. Мотовилов</i> ОТРАБОТКА РЕЖИМА ФЛОТАЦИОННОГО ОБОГАЩЕНИЯ МЕДНО-ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩЕЙ РУДЫ МЕСТОРОЖДЕНИЯ «КОКТАСЖАЛЬ» С ПРИМЕНЕНИЕМ РАЗНЫХ СОБИРАТЕЛЕЙ.....	395
<i>Е.Н. Базар, Н.Ю. Мотовилов</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ГРАВИТАЦИОННО – ФЛОТАЦИОННОЙ ОБОГАТИМОСТИ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩЕЙ РУДЫ.....	399
<i>А.Р. Хасенов, Ш.А. Телков, Н.Ю. Мотовилов</i> ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ РУД.....	403
<i>Б.Е. Мансуров, Ш.А. Телков, Н.Ю. Мотовилов</i> ИЗУЧЕНИЕ ФЛОТАЦИОННОГО ОБОГАЩЕНИЯ МЕДНОЙ ОКИСЛЕННОЙ РУДЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ РАЗНЫХ СОБИРАТЕЛЕЙ.....	405
<b>СЕКЦИЯ 4. НАНОМАТЕРИАЛЫ И НАНОТЕХНОЛОГИИ</b>	
<i>Д.М. Бердиев, Г.В. Кожеевникова, А.Н. Пушипов</i> ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ОСНОВЫ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ.....	411
<i>Г.А. Ихтиярова, Д.У.Кучкарова, Д.С. Исмаилов</i> ПОЛУЧЕНИЕ ХИТОЗАНА ИЗ ПОДМОРА ПЧЕЛ APIS MELLIFERA КРИОГЕННЫМ МЕТОДОМ.....	412
<i>Г.С. Әмірбекова, Ж.Қ. Тәлепов</i> ТӨСЕНШТІ ЕРІТІНДІДЕ ҰСТАУ УАҚЫТЫНЫҢ ҚОРҒАСЫН СУЛЬФИДІ ҚҰРЫЛЫМЫНА ӘСЕРІ	414
<i>Ж.У. Палтусева, Л.В. Гриценко, V. Syritski</i> ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОКСИДА ЦИНКА ДЛЯ СЕНСОРНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ.....	416
<i>К.Н. Нұғыманова, Zh.N. Christian, К.К. Құдайбергенов, Д.Р. Мулдаш</i> КӨМІРТЕКТІ НАНОТАЛШЫҚТАРДЫ СИНТЕЗДЕУ ЖӘНЕ ОНЫҢ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	418
<i>Р. Кенжалиева А. Абилядина</i> УСТАНОВЛЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ПРОЦЕССОВ, ПРОТЕКАЮЩИХ НА АНОДЕ МАГНИЕВЫХ АККУМУЛЯТОРОВ.....	421
<i>Y. Yeszhan, S. Sultakhan, T. Babatayeva, S. Azat</i> METHOD OF SLOW SAND FILTRATION FOR WATER TREATMENT.....	422
<i>С.М. Жарыққан, Ж.Т. Тауанов</i> СУДЫ СЫНАП ИОНЫНАН ТАЗАРУ ҮШІН СИНТЕТИКАЛЫҚ ЦЕОЛИТТЕР МЕН НАНОКОМПОЗИТТЕРДІҢ СИНТЕЗІ.....	424
<i>М.К. Шамишев, Ү.С. Қожақмет, Б.У. Рахимова, Е.А. Алтынов</i> АУЫЛШАРУШЫЛЫҚ ҚАЛДЫҚТАРДАН МИКРОКРИСТАЛДЫ ЦЕЛЛЮЛОЗА АЛУ.....	425
<i>Д.Е. Жаузақ, С.Н. Ахметова, А.И. Дюсембеков, А.С. Ауханова</i> ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НАНЕСЕННЫХ ХИТОЗАН- СТАБИЛИЗИРОВАННЫХ ХРОМОВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ В ОКИСЛЕНИИ ЦИКЛОГЕКСАНА В МЯГКИХ УСЛОВИЯХ.....	427

**СБОРНИК ТРУДОВ**  
**Международной научно-практической конференции**  
**«РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ**  
**В МИНЕРАЛЬНО-ИНДУСТРИАЛЬНОМ МЕГАКОМПЛЕКСЕ**  
**В УСЛОВИЯХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ»**  
**14-15 марта 2024**

Подписано в печать 01.03.2024 г.  
Тираж 100 экз. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага типогр. №1.  
Уч.-изд.л. 34,6. Усл.п.л. 32,2. Заказ № 373

Издание Казахского национального исследовательского  
технического университета им. К.И. Сатпаева  
Издательский центр «Polytech» им. Т. Кенеспа  
г. Алматы, ул. Сатпаева, 22

**ISBN 978-601-323-440-3**



**9 786013 234403**

## РЕЦЕНЗИЯ

на магистерскую диссертацию  
(наименование вида работы)

Ахметова Аида Сексенқызы  
(Ф.И.О. обучающегося)

7M07226 – Обогащение полезных ископаемых  
(шифр и наименование ОП)

На тему: «Исследования по оптимизации реагентного режима флотационного обогащения медной руды месторождения Актогай»

Выполнено:

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

### ХАРАКТЕРИСТИКА ДИССЕРТАЦИИ:

В магистерской диссертации в необходимом объеме выполнен литературный обзор современного состояния переработки медных руд флотационным методом обогащения.

Приведенные в магистерской диссертации результаты испытаний, выводы и заключения достаточно достоверны, поскольку они подтверждаются использованием современных методов исследований и анализов, таких как минералогический, полный химический и фазовый анализ на формы нахождения металлов, гранулометрический, дифрактометрический и микроскопический анализ.

Все поставленные в работе задачи решены в полном объеме: исследован вещественный состав медно-молибденовой руды месторождения Актогай; проведены флотационные испытания в лабораторных условиях на медно-молибденовой руде по оптимизации реагентного режима; испытаны новые реагенты-собиратели для коллективной основной флотации. На основании результатов исследований установлены: оптимальная крупность в питании флотации; оптимальная величина pH среды; оптимальный расход реагента собирателя и пенообразователя.

По теме диссертации опубликована научная статья в сборнике трудов Международной научно-практической конференции «Ресурсосберегающие технологии в минерально-индустриальном мегакомплексе в условиях устойчивого развития экономики» Алматы, 2024.

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

### ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

По представленной для рецензирования работе имеются следующие замечания и пожелания:


- 1) в работе сделаны выводы по каждому разделу;
- 2) работу можно было дополнить флотационными опытами на руде другим составом.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОЦЕНКА РАБОТЫ

Несмотря на указанные замечания и недостатки, считаю, что диссертационная работа Ахметовой А. С., соответствует требованиям, предъявляемым к магистерским диссертациям, и может быть оценена на «отлично» (95 %), а автор заслуживает присуждения ему академической степени магистра технических наук по специальности 7М07226 – Обогащение полезных ископаемых.

### РЕЦЕНЗЕНТ

Старший научный сотрудник лаборатории благородных металлов.  
Филиал РГП «НЦ КПМС РК» ГНПОПЭ «Казмеханобр», доктор PhD

 Е.К. Есенгараев  
«07» 06 2024 г

Подпись  Заверяю  
Ученый секретарь филиала РГП НЦ  
КПМС РК ГНПОПЭ «Казмеханобр»  
«07» 06 20 24 г.



**ОТЗЫВ  
НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ**

на магистерскую диссертацию

(наименование вида работы)

Ахметова Аида Сексенқызы

(Ф.И.О. обучающегося)

7M07226 – Обогащение полезных ископаемых

(шифр и наименование ОП)

На тему: «Исследования по оптимизации реагентного режима флотационного обогащения медной руды месторождения Актогай»

В магистерской диссертации в достаточном объеме выполнен анализ современного состояния переработки медных руд флотационным методом обогащения. На основании литературного обзора выполнена грамотная постановка задач исследований.

Магистерская диссертационная работа посвящена изучению вещественного состава медно-молибденовой руды месторождения Актогай и поиску оптимального реагентного режима флотационного обогащения.

По теме диссертации опубликована научная статья в сборнике трудов Международной научно-практической конференции «Ресурсосберегающие технологии в минерально-индустриальном мегакомплексе в условиях устойчивого развития экономики» Алматы, 2024.

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

По совокупности признаков магистерская диссертация магистранта Ахметовой Аиды Сексенқызы соответствует предъявляемым требованиям, а автор заслуживает оценки «отлично» – 95% и присуждения степени магистра по специальности 7M07226 – Обогащение полезных ископаемых.

Научный руководитель  
к.т.н., ассоциированный профессор



Барменшинова М.Б.

«10» 06 2024 г

## Протокол

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

**Автор:** Ахметова Аида Сексенқызы

**Соавтор (если имеется):**

**Тип работы:** Магистерская диссертация

**Название работы:** Исследования по оптимизации реагентного режима флотоционного обогащения медной руды месторождения Актогай

**Научный руководитель:** Мадина Барменшинова

**Коэффициент Подобия 1:** 3.7

**Коэффициент Подобия 2:** 0.8

**Микропробелы:** 3

**Знаки из других алфавитов:** 7

**Интервалы:** 0

**Белые Знаки:** 0

**После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:**

- Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.
- Обоснование:

Дата

05.06.2024

Заведующий кафедрой

М.О.М.  
Барменшинова М.Б.

## Протокол

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

**Автор:** Ахметова Аида Сексенқызы

**Соавтор (если имеется):**

**Тип работы:** Магистерская диссертация

**Название работы:** Исследования по оптимизации реагентного режима флотоционного обогащения медной руды месторождения Актогай

**Научный руководитель:** Мадина Барменшинова

**Коэффициент Подобия 1:** 3.7

**Коэффициент Подобия 2:** 0.8

**Микропробелы:** 3

**Знаки из других алфавитов:** 7

**Интервалы:** 0

**Белые Знаки:** 0

**После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:**

- Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.
- Обоснование:

Дата  
05.06.2024г.



Тажиев Э.Б.  
проверяющий эксперт



# СЕРТИФИКАТ

подтверждает, что

**Ахметова Аида Сексенкызы**

Принял (-а) участие в Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения крупного ученого, педагога, академика НАН РК, Заслуженного деятеля Республики Казахстан, доктора технических наук, профессора, почетного ректора КазНИТУ имени К.И. Сатпаева,

Баяна Ракишьева

«РЕСУРСΟΣБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В МИНЕРАЛЬНО-ИНДУСТРИАЛЬНОМ  
МЕГАКОМПЛЕКСЕ В УСЛОВИЯХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ»

*Проректор по науке  
и корпоративному развитию*



2024

**Е. Курмаев**





# ДИПЛОМ

I степени

Международной научно-практической конференции, посвященной  
90-летию со дня рождения крупного ученого, педагога, академика НАН РК,  
Заслуженного деятеля Республики Казахстан, доктора технических наук, профессора,  
почетного ректора КазНУТУ имени К.И. Сатпаева, Баяна Ракишева  
«РЕСУРСΟΣБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В МИНЕРАЛЬНО-ИНДУСТРИАЛЬНОМ  
МЕГАКОМПЛЕКСЕ В УСЛОВИЯХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ»

**Ахметова Аида Сексенкызы**

*Секция: Инновационные технологии при первичной переработке твердого минерального сырья*



2024



*М. Бегенпаев*



T.C.  
ISTANBUL UNIVERSITY  
CONTINUING EDUCATION APPLICATION AND  
RESEARCH CENTRE



CERTIFICATE OF ATTENDANCE

AKHMETOVA AIDA

has successfully completed the internship period at the Istanbul University  
between 18.03.2024 – 31.03.2024 and has been awarded the  
certificate of participation

  
Prof. Dr. Nilgün ÇİL  
Istanbul-SEM  
Director

  
Prof. Dr. Osman Bülent ZÜLFİKAR  
Istanbul University  
Rector

PASSPORT NUMBER:N11205822  
CERTIFICATE NUMBER:240130002

AKTİBİLİ  
УЧЕБНИ АКТИВ  
пазден "17



## Метаданные

Название

**Исследования по оптимизации реагентного режима флотационного обогащения медной руды месторождения Актагай**

Автор

Научный руководитель / Эксперт





**Ахметова Аида Сексенқызы**
**Мадина Барменшинова**

Подразделение

**Г\_М\_И**

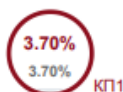
## Тревога

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

Замена букв		7
Интервалы		0
Микропробелы		3
Белые знаки		0
Парафразы (SmartMarks)	<b>a</b>	30

## Объем найденных подобий

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


**25**

Длина фразы для коэффициента подобия 2


**9340**

Количество слов


**69610**

Количество символов

## Подобия по списку источников

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

### 10 самых длинных фраз

Цвет текста

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ И АДРЕС ИСТОЧНИКА URL (НАЗВАНИЕ БАЗЫ)	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)	
1	<a href="https://official.satbayev.university/download/document/14785/2020%20%D0%91%D0%90%D0%9A%20%D0%9E%D1%82%D0%B0%D1%80%D0%B1%D0%B0%D0%B9%20%D0%A1%D0%B0%D0%BC%D0%B0%D0%BB.pdf">https://official.satbayev.university/download/document/14785/2020%20%D0%91%D0%90%D0%9A%20%D0%9E%D1%82%D0%B0%D1%80%D0%B1%D0%B0%D0%B9%20%D0%A1%D0%B0%D0%BC%D0%B0%D0%BB.pdf</a>	52	0.56 %
2	Коллекция КарТУ 3/22/2023 Abylkas Saginov Karaganda Technical University (Karaganda State Technical University)	27	0.29 %
3	Исследование влияния новых реагентов-вспенивателей на флотацию медно-молибденовой руды 6/6/2021 Satbayev University (ИМИПИ)	24	0.26 %

4	Коллекция КарТУ 3/22/2023 Abylkas Saginov Karaganda Technical University (Karaganda State Technical University)	20	0.21 %
5	<a href="https://www.auto-konserwacja.pl/37391/2019-1565150914.html">https://www.auto-konserwacja.pl/37391/2019-1565150914.html</a>	19	0.20 %
6	<a href="http://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-flotacionnye-metody-obogashcheniya.pdf">http://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-flotacionnye-metody-obogashcheniya.pdf</a>	17	0.18 %
7	<a href="https://official.satbayev.university/download/document/14785/2020%20%D0%91%D0%90%D0%9A%20%D0%9E%D1%82%D0%B0%D1%80%D0%B1%D0%B0%D0%B9%20%D0%A1%D0%B0%D0%BC%D0%B0%D0%BB.pdf">https://official.satbayev.university/download/document/14785/2020%20%D0%91%D0%90%D0%9A%20%D0%9E%D1%82%D0%B0%D1%80%D0%B1%D0%B0%D0%B9%20%D0%A1%D0%B0%D0%BC%D0%B0%D0%BB.pdf</a>	17	0.18 %
8	<a href="http://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-flotacionnye-metody-obogashcheniya.pdf">http://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-flotacionnye-metody-obogashcheniya.pdf</a>	14	0.15 %
9	<a href="http://www.biblirossica.com/book.html?currBookId=4212">http://www.biblirossica.com/book.html?currBookId=4212</a>	14	0.15 %
10	Дина Антиплагиат.pdf 5/18/2023 International IT University (Информационные системы)	12	0.13 %

#### из базы данных RefBooks (0.00 %)

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

#### из домашней базы данных (0.45 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
1	Исследование влияния новых реагентов-вспенивателей на флотацию медно-молибденовой руды 6/6/2021 Satbayev University (ИМиПИ)	42 (3) 0.45 %

#### из программы обмена базами данных (1.22 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
1	Коллекция КарТУ 3/22/2023 Abylkas Saginov Karaganda Technical University (Karaganda State Technical University)	64 (7) 0.69 %
2	Коллекция КарТУ 3/22/2023 Abylkas Saginov Karaganda Technical University (Karaganda State Technical University)	38 (2) 0.41 %
3	Дина Антиплагиат.pdf 5/18/2023 International IT University (Информационные системы)	12 (1) 0.13 %

#### из интернета (2.03 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	ИСТОЧНИК URL	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
1	<a href="https://official.satbayev.university/download/document/14785/2020%20%D0%91%D0%90%D0%9A%20%D0%9E%D1%82%D0%B0%D1%80%D0%B1%D0%B0%D0%B9%20%D0%A1%D0%B0%D0%BC%D0%B0%D0%BB.pdf">https://official.satbayev.university/download/document/14785/2020%20%D0%91%D0%90%D0%9A%20%D0%9E%D1%82%D0%B0%D1%80%D0%B1%D0%B0%D0%B9%20%D0%A1%D0%B0%D0%BC%D0%B0%D0%BB.pdf</a>	69 (2) 0.74 %
2	<a href="http://www.biblirossica.com/book.html?currBookId=4212">http://www.biblirossica.com/book.html?currBookId=4212</a>	51 (5) 0.55 %
3	<a href="http://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-flotacionnye-metody-obogashcheniya.pdf">http://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-flotacionnye-metody-obogashcheniya.pdf</a>	39 (3) 0.42 %