

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Satbayev University

Институт металлургии и промышленной инженерии

Кафедра металлургии и обогащения полезных ископаемых

УДК 622.765

На правах рукописи

Нұрдан Мәлдір Еркінқызы

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

На соискание академической степени магистра

Название диссертации

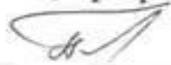
Усовершенствование технологии флотации медно-молибденовой руды Актогайского месторождения с применением модифицированных реагентов

Направление подготовки

7М07223 – Металлургия и обогащение полезных ископаемых

Научный руководитель:

г.т.н., профессор



Тусупбаев Н.К.

« 9 » 06 2021 г.

Рецензент:

д.х.н., профессор, член-корр.РАЕН АО

«Институт химии им.А.Б.Бектурова»



Джумадилов Т.К.

« 11 » 06 2021 г.

Нормоконтроль:

доктор PhD, сениор-лектор

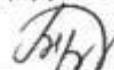


Дюсенова С.Б.

« 7 » 06 2021 г.

**ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ**

заведующая кафедрой МиОПИ,  
кандидат технических наук



Барменшинова М.Б.

« 14 » 06 2021 г.

Алматы 2021

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Satbayev University

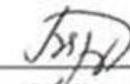
Институт металлургии и промышленной инженерии

Кафедра металлургии и обогащения полезных ископаемых

7M07223 – «Металлургия и обогащение полезных ископаемых»

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующая кафедрой МиОПИ  
канд. техн. наук

 М.Б.Барменшинова  
« 01 » 02 2021 г.

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение магистерской диссертации**

Магистранту Нұрдан Мөлдір Еркінқызы

Тема: Усовершенствование технологии флотации медно-молибденовой руды Актогайского месторождения с применением модифицированных реагентов

Утверждена приказом ректора университета №435-М от «03» декабря 2019 г.

Срок сдачи законченной диссертации « 13 » 06 2021 г.

Исходные данные к магистерской диссертации:

Перечень подлежащих разработке в магистерской диссертации вопросов:

а) Введение;

б) Исследовательская часть;

в) Заключение;

г) Список использованной литературы.

Демонстрационный графический материал представить не менее чем на 10 слайдах с результатами исследований.

Рекомендуемая основная литература:

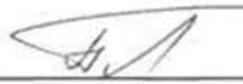
1. Абрамов А.А., Леонов С.Б., Сорокин М.М. Химия флотационных систем.- М.: Недра, 1983.
2. Асончик К.М., Чаплыгин А.М. Испытания нового режима обогащения медно-молибденовых руд на Алмалыкском комбинате //Обогащение руд. -2000.- № 2.- С.12-14.
3. Баатархуу Ж. Влияние генетико-морфологических особенностей молибденита в технологии переработки руд на ОФ «Эрдэнэт» //Материалы международной конференции по переработке медно-молибденовых руд. Улаанбаатар, 2005. -С. 231-234.

**ГРАФИК**  
подготовки магистерской диссертации

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю и консультантам	Примечание
Аналитический обзор	05.03.2021	выполнено
Основные методы анализа и исследований	05.04.2021	выполнено
Экспериментальная часть	05.05.2021	выполнено

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

Наименования раздела	Консультант, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Аналитический обзор	Тусупбаев Н.К. к.т.н., профессор	05.03.2021	
Основные методы анализа и исследований		05.04.2021	
Экспериментальная часть		05.05.2021	
Нормоконтроль	Дюсенова С.Б. доктор PhD, сениор-лектор	7.06.2021	

Научный руководитель  Тусупбаев Н.К.

Задание принял к исполнению обучающийся  Нурдан М.Е.

Дата

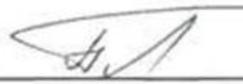
« 14 » 06 2021 г.

**ГРАФИК**  
подготовки магистерской диссертации

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю и консультантам	Примечание
Аналитический обзор	05.03.2021	выполнено
Основные методы анализа и исследований	05.04.2021	выполнено
Экспериментальная часть	05.05.2021	выполнено

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

Наименования раздела	Консультант, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Аналитический обзор	Тусупбаев Н.К. к.т.н., профессор	05.03.2021	
Основные методы анализа и исследований		05.04.2021	
Экспериментальная часть		05.05.2021	
Нормоконтроль	Дюсенова С.Б. доктор PhD, сениор-лектор	7.06.2021	

Научный руководитель  Тусупбаев Н.К.

Задание принял к исполнению обучающийся  Нурдан М.Е.

Дата

« 14 » 06 2021 г.

## АННОТАЦИЯ

В магистерской работе проведена разработка усовершенствование технологии флотации медно-молибденовой руды Актогайского месторождения.

В качестве реагентов при флотации рассматривались реагенты, такие как бутиловый ксантогенат (ГОСТ 7927-75), вспениватель Т-80 (ТУ 2452-029-05766801), в качестве базового аполярного собирателя –керосин (ГОСТ 4753-49), для создание рН среды известь (ГОСТ 9179-49). Для синтеза аполярных собирателей использовали нефть Кумкольского месторождения, печное и дизельное топливо. Целью исследования является получение тонкодисперсных, однородных по гранулометрическому составу и стабильных эмульсий, что чрезвычайно интенсифицирует действие аполярных собирателей при флотации и помогает к снижению до минимума расход на обогатительных предприятиях.

Проведены аналитические данные о месторождениях медно-молибденовых руд. Проведен анализ технологии обогащения медных и молибденовых руд.

Изучен исходный вещественный состав медно-молибденовой руды Актогайского месторождения. Выполнены работы по минералогическому, спектральному анализу. На флотацию медно-молибденовой руды Актогайского месторождения отработан реагентный режим с применением базовых реагентов.

В цикле коллективной медно-молибденовой флотации проводились опыты по выявлению оптимальной степени измельчения руды и реагентного режима, необходимого для получения медно-молибденового концентрата. В процесс измельчения подавали: известь для создания рН среды равной 8,0 – 9,0; сульфид натрия для сульфидизации минералов.

## АНДАТПА

Магистрлік жұмыста Ақтоғай кен орнындағы мыс-молибден кенін флотациялау технологиясын жетілдіру жұмыстары жүргізілді.

Флотация кезінде реагенттер ретінде бутил ксантогенаты (МЕМСТ 7927-75), т-80 көбіктендіргіші (ТУ 2452-029-05766801), базалық аполярлы жинағыш ретінде –керосин (МЕМСТ 4753-49), рН ортасын құру үшін әк (МЕМСТ 9179-49) сияқты реагенттер қарастырылды. Аполярлы жинағыштарды синтездеу үшін Құмкөл кен орнының мұнайы, пеш және дизель отыны пайдаланылды. Зерттеудің мақсаты-ұсақ дисперсті, гранулометриялық құрамы бойынша біртекті және тұрақты эмульсиялар алу, бұл флотация кезінде аполярлы коллекторлардың әсерін күшейтеді және байыту кәсіпорындарында шығындарды азайтуға көмектеседі.

Мыс-молибден кендерінің кен орындары туралы аналитикалық деректер жүргізілді. Мыс және молибден кендерін байыту технологиясына талдау жүргізілді.

Ақтоғай кен орнының мыс-молибден рудасының бастапқы заттық құрамы зерделенді. Минералогиялық, спектрлік талдау бойынша жұмыстар орындалды. Ақтоғай кен орнының мыс-молибден кенін флотациялауға базалық реагенттерді қолданумен реагенттік режим пысықталды.

Ұжымдық мыс-молибден флотациясы циклінде мыс-молибден концентратын алу үшін қажетті кенді ұсақтаудың оңтайлы дәрежесін және реагенттік режимді анықтау бойынша тәжірибелер жүргізілді. Ұнтақтау процесіне мыналар ұсынылды: рН ортасын құру үшін әк 8,0 – 9,0; минералдарды сульфидтеуге арналған натрий сульфиді.

## ANNOTATION

In the master's work, the development and improvement of the technology of flotation of copper-molybdenum ore of the Aktogay deposit was carried out. Reagents such as butyl xanthogenate (GOST 7927-75), T-80 foamer (TU 2452-029-05766801), kerosene (GOST 4753-49) as a basic apolar collector, and lime (GOST 9179-49) were considered as reagents for flotation. For the synthesis of apolar collectors, oil from the Kumkol field, furnace fuel, and diesel fuel were used. The aim of the study is to obtain fine-dispersed, uniform in granulometric composition and stable emulsions, which greatly intensifies the action of apolar collectors during flotation and helps to reduce consumption at processing plants to a minimum.

Analytical data on the deposits of copper-molybdenum ores are carried out. The analysis of the technology of enrichment of copper and molybdenum ores is carried out.

The initial material composition of the copper-molybdenum ore of the Aktogay deposit was studied. Works on mineralogical and spectral analysis were performed. For the flotation of the copper-molybdenum ore of the Aktogay deposit, the reagent mode with the use of basic reagents was worked out.

In the cycle of collective copper-molybdenum flotation, experiments were carried out to identify the optimal degree of ore grinding and the reagent regime necessary to obtain copper-molybdenum concentrate. The grinding process was fed: lime to create a pH of the medium equal to 8.0-9.0; sodium sulfide for the sulfidization of minerals.

## СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	9
1	Получение модифицированного собирателя на основе нефти и нефтепродуктов	15
1.1	Исследование образца нефти Кумкольского месторождения	17
1.2	Классификация флотационных реагентов	19
	Выводы по 1 разделу	20
2	Разработка и укрупненно-лабораторные испытания технологии обогащения медно-молибденовой руды месторождения Актогай	20
2.1	Реагенты, используемые при флотации сульфидных руд	22 24
2.2	Месторождение Актогай	31
2.3	Технология переработки руды	
	Выводы по 2 разделу	34
3	Укрупненно-лабораторные испытания аполярного собирателя для переработки медно-молибденовой руды	49 49
3.1	Схема технологическая медно-молибденового концентрата	
	Выводы по 3 разделу	51
1.	Заключение	52
5.	Список использованных источников	53
6.	Приложение А	55

## ВВЕДЕНИЕ

### 1 Оценка современного состояния решаемой научно-технической проблемы

#### 1.1 Общие сведения о флотационном обогащении медьсодержащего сырья

Медь чаще всего присутствует в земной коре в виде минералов меди-железа-сульфида и сульфида меди, например, халькопирита ( $\text{CuFeS}_2$ ), борнита ( $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ ) и халькоцита ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ). Медь также в меньшей степени встречается в окисленных минералах, например, малахит ( $\text{Cu}_2(\text{OH})\text{CO}_3$ ), азурит ( $\text{Cu}_3(\text{OH})_2(\text{CO}_3)_2$ ) и хризоколла ( $\text{CuO}\cdot\text{SiO}_2$ ). Эти окисленные минералы меди находятся в выветрившихся областях большинства сульфидных рудных тел. Наложенная оксидная руда обычно складывается после ее извлечения из сульфидного рудника и остается необработанной, поскольку сульфидная руда легче восстанавливается с помощью обычных процедур флотации и, таким образом, более привлекательна оператору завода. Оксидная руда может быть сконцентрирована с использованием флотации или, если она имеет низкую потребность в кислоте, экономически выгодно выщелачивать запасы в куче кислоты. Извлечение этих минералов меди путем флотации или гидрометаллургии из руд, обычно содержащих 0,5% ТCu (карьеры) и 1-2% ТCu (подземные шахты), имеет большое коммерческое значение. В данной статье дается обзор литературы по извлечению вышеупомянутых минералов путем флотации. Растущая сложность месторождений руды, снижение содержания руды и рост мирового спроса на медь привели к увеличению переработки руды флотационными установками по всему миру. Истощение запасов высококачественных руд, рост спроса на металлы и трудности с разделением, связанные с низкосортными или тугоплавкими рудами, привели к новым проблемам флотации с точки зрения экономического и устойчивого обогащения этих руд. Тем не менее, усовершенствования технологии позволили различным перерабатывающим предприятиям обрабатывать руды низкого качества практически без дополнительных затрат. Это позволило компаниям поддерживать свою добычу полезных ископаемых и средства к существованию горнодобывающего сообщества. Поэтому, чтобы оценить проблемы и инновации с точки зрения извлечения и концентраций из-за эксплуатации сложных и низкосортных руд, важно представить этот обзор литературы, прежде всего выделив основные принципы флотации. Эти принципы обычно включают химические и электрохимические аспекты,

рассматриваемые при флотации, которые включают использование различных реагентов, а именно коллекторов, пенообразователей и модификаторов, таких как активаторы и депрессанты [1]. Пенная флотация определяется как физико-химический процесс, который использует различия в электрохимических свойствах минеральных поверхностей, то есть между гидрофобными и гидрофильными поверхностями, которые происходят естественным или искусственным образом под воздействием химических реагентов [2]. Успешная производственная практика флотации [3] предполагает знание и оптимизацию четырех важных компонентов процесса флотации, а именно:

1. Минералогические характеристики руды (минеральная ассоциация, размер выделения, наличие частиц слизи и растворимых частиц, вносимых рудой) [4].

2. Поверхностная коллоидная и реагентная химия, которая определяет селективность разделения (коллекторы, пенообразователи, активаторы, депрессанты, модификаторы и диспергаторы).

3. Технологическое проектирование (подготовка кормов (уменьшение размера), дизайн ячеек и система управления).

внутривенно Рабочие параметры, такие как скорость аэрации, температура, Eh / рН, ионная сила и конфигурация контура флотации.

Также согласно [6] общая эффективность сепарации при флотации зависит от:

1. Факторы химии поверхности, такие как прикрепление пузырьков, взаимодействия минеральных реагентов и химия реагентов. Эти факторы связаны с соображениями равновесия, способствующими избирательному разделению.

2. Гидродинамические факторы, которые способствуют кинетике флотации, такие как перемешивание, скорость воздушного потока, дисперсия и конструкция ячейки, контролируют извлечение минералов.

В процессе флотации важен ряд физико-химических переменных. Согласно [6], важными физико-химическими переменными при флотации являются:

1. Роль раздела минерал / вода.
2. Поверхностный заряд на минералах.
3. Влияние углеводов на длину коллектора.
4. Роль полярной функциональной группы коллектора.
5. Роль химии раствора коллектора.
6. Роль неорганических ионов (активатор и депрессант).
7. Влияние температуры.
8. Свойства руды, такие как сорт, минералогия, степень окисления и выделения минералов.

### *Флотационные реагенты*

Реагенты являются наиболее важной частью процесса флотации [7]. Выбор реагентов имеет большое значение для процесса, чтобы дать наиболее эффективные результаты разделения и концентрации. Таким образом, на коммерческих предприятиях контроль добавления реагентов является наиболее важной частью процесса флотации. Флотационные реагенты можно разделить на три основных класса в зависимости от функции конкретного реагента. Они делятся на коллекторы, пенообразователи и модификаторы.

### *Коллекторы*

Коллекторы - это в основном органические химические соединения, которые различаются по химическому составу и функции. Основная цель коллектора состоит в том, чтобы избирательно формировать гидрофобный слой на заданной минеральной поверхности во флотационной пульпе и, таким образом, обеспечивать условия для прикрепления гидрофобных частиц к пузырькам воздуха и извлечения таких частиц в пенный продукт. Коллекторы можно разделить на отдельные группы в зависимости от их способности растворяться в воде. На рисунке 3 показана классификация коллекторов.

*Вспениватели* являются гетерополярными поверхностно-активными соединениями, которые снижают поверхностное натяжение воды и обладают способностью адсорбироваться на границе раздела воздушный пузырь-вода. Их присутствие в жидкой фазе увеличивает прочность пленки пузырьков воздуха, обеспечивая тем самым лучшее прикрепление гидрофобных частиц к пузырькам. Гетерополярная структура пенообразователя заставляет неполярную группу ориентироваться к воздуху, а полярную группу - к воде. Хороший пенообразователь не должен иметь собирающей способности, но должен быть в состоянии гарантировать, что всплывающие минералы переносятся из поплавковой камеры в сборный лаундер [8]. Пенообразователи должны быть в некоторой степени растворимы в воде, чтобы они равномерно распределялись в водном растворе, чтобы гарантировать их поверхностно-активные свойства [3]. Эффективность пенообразователей зависит от их состава, и на рисунке 5 показаны соответствующие группы. Наиболее широко используемые пенообразователи включают природные химические вещества, такие как сосновое масло, крезоловая кислота, и синтетические реагенты, такие как метилизобутилкарбинол (МIBC) и простые эфиры полигликоля [5]. Однако наиболее часто используются спирты (ОН), поскольку они не имеют коллекторских свойств и в этом отношении предпочтительнее других пенообразователей, таких как карбоксилы, которые также являются мощными собирателями.

Модификаторы - это химические вещества, широко используемые во флотации для модификации действия коллектора, что делает действие коллектора более селективным по отношению к определенным минералам [6]. Модификаторы можно классифицировать как активаторы, депрессоры и модификаторы рН. Активаторы реагируют с минеральной поверхностью, так что они становятся гидрофобными из-за действия коллектора, депрессанты повышают селективность флотации, заставляя определенные минералы гидрофильными, а модификаторы рН регулируют ионный состав, изменяя концентрацию ионов в ионе водорода в пульпе [7]. В таблице 1 приведены некоторые из модификаторов, используемых при сульфидной и несulfидной минеральной флотации. Флотация сульфидных руд

Сульфидные руды являются основными источниками неблагородных металлов, таких как медь, свинец, цинк, никель и кобальт. Обогащение этих сульфидных минералов из неблагородных металлов осуществляется преимущественно методом пенной флотации.

Некоторые из наиболее важных сульфидных минералов: Галена ( $PbS$ ), Сфалерит ( $ZnS$ ), Халькоцит ( $Cu_2S$ ), Ковеллит ( $CuS$ ), Халькопирит ( $CuFeS_2$ ), Пирит ( $FeS_2$ ) и Молибденит ( $MoS$ ). Согласно [8] отличительными признаками этих минералов являются:

1. Минералы являются ковалентно связанными соединениями и обладают очень низкой растворимостью; Каждый из этих минералов имеет определенный продукт растворимости в воде.

2. Сульфидные минералы являются метастабильными и склонны к окислению поверхности в присутствии воды и кислорода.

3. Минералы - это электронные полупроводники, которые могут служить источником или стоком для электронов и, следовательно, могут поддерживать электродную реакцию на поверхности. Большинство сульфидных минералов регулярно заряжаются в рабочем диапазоне рН, и поэтому электрическое взаимодействие двойного слоя препятствует адсорбции обычно используемых анионных реагентов.

4. Некоторые из сульфидов имеют слабую природную гидрофобность. Некоторые из них способны к быстрой и полной флотации в отсутствие обычных коллекторов.

5. Одним из важных последствий электрохимической природы поверхностной реакции является гальваническое взаимодействие между измельчающими средами и сульфидными минералами. Сульфидные рудные минералы обычно плавают с использованием реагента тиолового типа, ксантогенатов и дитиофосфатов. Окисленные минералы не реагируют на эти коллекторы и, следовательно, требуют обработки, модифицирующей поверхность.

Сульфидные медные руды считаются простыми в обработке при условии, что основным минералом меди является халькопирит [9]. Однако, если руда содержит вторичные минералы меди, такие как халькоцит, борнит и ковеллит, депрессия пирита может стать проблемой, поскольку пирит может активироваться ионами меди, образующимися во время операции измельчения [9]. Некоторые руды сульфида меди могут быть частично окислены, что также влияет на выбор схемы реагентов. Медно-сульфидные руды, как правило, более мелкозернистые, чем медно-порфиновые руды, и требуют более тонкого измельчения (то есть 70–80% <200 меш)

Выявленные мировые ресурсы молибдена оцениваются примерно в 18,4 млн. т. Ресурсы молибдена достаточны для обеспечения в обозримом будущем мировых потребностей в этом металле. Общий объем мирового производства молибдена в рудах и концентратах в настоящее время составляет 130-140 тыс. т. Основными производителями являются США, Китай и Чили. К концу девяностых годов прошлого века ситуация на мировом рынке сложилось таким образом, что предложение превысило спрос, что сказалось на падении цен на молибденовую продукцию. Перенасыщенность рынка и низкие цены вынудили основных производителей снижать производство. В результате, в начале 2000-х гг. спрос начал превышать предложение, что в свою очередь сказалось на повышении цен в конце 2002 г. и последующем их росте.

В последние 3 года рынок молибдена поддерживался устойчивым спросом со стороны сталелитейной промышленности и стесненными поставками концентрата и оксида. В 2007 г. производители молибденовой продукции стремились извлечь выгоду из быстроразвивающегося рынка молибдена – многими крупными производителями были озвучены планы о расширении производства и новых проектах. Наибольший интерес к обеспеченности молибденом в первые несколько месяцев 2007 г. проявила южнокорейская сталелитейная компания Posco, способствуя росту мировых цен до 34 \$/фунт. В декабре 2007 г. Posco заявила, что инвестирует 170 млн. \$ в реализацию проекта рудника Маунт-Хоп (Mt Hope), расположенного в штате Невада и принадлежащего компании General Moly. Ожидается, что рудник Маунт-Хоуп с 2010 г. будет ежегодно выпускать 15 тыс. т. молибдена.

В ноябре 2007 г. северочилийский дивизион компании Xstrata Copper начал составление ТЭО расширения с тем, чтобы более чем вдвое увеличить молибденовые мощности на металлургическом заводе Альтонорте (Altonorte). По начальным оценкам, на проведение реконструкции бездействующей в настоящее время второй печи для обжига молибдена на заводе Альтонорте и строительство установки для выщелачивания молибдена Бренда (Brenda) необходимы инвестиции в размере 40 млн. \$. Эти два проекта увеличат

молибденовую производительность Альтонортес с текущих 12 тыс. т. в год до 28 тыс. т.

Также в ноябре 2007 г. возобновила работу одна из старейших в мире молибденовых шахт - Кнабен (Knaben) в Норвегии. Кроме того, компания Adanac Molybdenum Corporation начала сооружение карьера на молибденовом месторождении Руби-Крик (Ruby Creek), расположенном вблизи г. Атлин в Британской Колумбии.

Мировые потребности в молибдене, по оценке, выросли со 100 тыс. т (по содержанию Мо) в 1990 г. до 196 тыс. т в 2006 г.; среднегодовой темп прироста спроса составил 4 %. Основным потребителем в 2006 г. являлась Европа, обеспечившая 33 % мирового спроса. Далее следуют США -21,3 %, Япония - 14,6 %, Китай -10,8 % и страны СНГ-4,1 %, на долю остальных стран пришлось 16,2 %. Ожидается, что в ближайшие годы темпы роста спроса в Китае и странах СНГ составят 10 % в год, а в странах Запада они будут находиться в пределах 3 %. В результате в целом по миру они составят 4,5 %.

Производство молибденового концентрата в настоящее время осуществляется в Армении, России, Узбекистане и Казахстане. В России молибденовый концентрат выпускает 3 предприятия, в Армении-2. При этом в течение последних 3 лет лидером по выпуску молибденового концентрата является Армения. За последние 11 лет выпуск молибденового концентрата в СНГ увеличился на 29 %. За аналогичный период времени выпуск молибденового концентрата в России вырос на 17,2 %.

В 1998-2006 гг. внешнеторговые операции России с молибденовым концентратом носили экспортоориентированный характер. Однако, с 2007 г., основные производители сырья переориентировались на производство готовой продукции- ферромолибдена, и объем экспортных. В Армении и Узбекистане производимый молибденовый концентрат уже на протяжении нескольких лет полностью перерабатывается внутри страны, а конечная продукция экспортируется.

Уровень потребления молибденового концентрата в России в 1999-2004 гг. находился ниже нулевого значения, что было связано с поставками концентрата из Госрезерва. С 2005 г. объемы потребления постоянно растут, причем в 2007 г. рост составил 41% по отношению к 2006 г.

Основной молибденсодержащей продукцией в России является ферромолибден. Его выпуск осуществляют Армения, Россия и Украина. Производство ферромолибдена в СНГ растет большими темпами – за последние 10 лет объемы производства выросли более чем в 9 раз. Причем выпуск ферромолибдена в России превысил отметку в 1 тыс. т только в 2004 г. В настоящее время Россия является лидером по производству данной продукции. Объемы экспорта ферромолибдена в Россию за последние 11 лет

выросли практически в 6 раз, импорт продукции, наоборот, имеет тенденцию к спаду. Потребление ферромолибдена, по оценкам экспертов «Инфолайн», в настоящее время находится на уровне 700 т.

К другим видам молибденсодержащей продукции относятся металлический молибден, парамолибдат аммония и оксид молибдена. Объемы производства металлического молибдена в России в настоящее время находятся на уровне 400 т. По оценке «Инфолайн», в ближайшие годы в стране будет наблюдаться увеличение производства ферромолибдена на 10-15 % в год. Часть производимого российского ферромолибдена в связи с высокими мировыми ценами экспортируется. Поэтому прогноз роста потребления ферромолибдена по оценке «Инфолайн», составит до 5 % в год. В настоящее время молибден является одним из важнейших легирующих металлов. Свыше 90 % производимого в мире молибдена в виде ферромолибдена потребляет металлургия специальных сталей. Кроме того, благодаря тугоплавкости и низкому коэффициенту теплового расширения этот металл широко применяют в электротехнике, радиоэлектротехнике, технике высоких температур.

В мире использование молибденсодержащих сталей и сплавов растет, в особенности – в нефте- и газопроводах. Также обширным рынком для молибдена является ядерная энергетика, где осуществляется переход на более прочные (сделанные из молибденсодержащих сталей) трубы для хладагентов для новых реакторов. Другим новым применением для молибдена в ядерных энергетических установках являются нержавеющие стали, стойкие к микробиологической коррозии, используемые в охлаждающих системах, особенно в США. Другими разработками, вовлекающими молибден в ядерную энергетику, являются исследования по использованию в качестве топлива уран-молибденовых сплавов проводимые в Бразилии. В то же самое время на Ближнем Востоке, в Азии и Северной Африке атомная энергия все шире используется для опреснения воды, которое само по себе является областью конечного применения молибдена. Также растет использование молибдена в качестве катализатора для очистки нефти, что связано с растущей потребностью в малосернистом бензине. Около 95 % нефтеперерабатывающих предприятий используют молибденсодержащие катализаторы для удаления серы при производстве ультрамалосернистого дизельного топлива (ULSD). Крупный производитель катализаторов, компания Albermarle, сообщает, что темпы роста потребления молибдена в катализаторах составляют 6-8 % в год.

## Обоснование необходимости проведения НИР

Для обогащения молибденсодержащих руд применяют почти исключительно флотацию, которая дает возможность вполне удовлетворительно отделить молибденит от минералов пустой породы и сопутствующих минералов. Гравитационное обогащение применяется ограниченно. Магнитное обогащение иногда используют как доводочную операцию для отделения железа. Молибденит принадлежит к легко флотируемым минералам. Обогащение простых кварцево-молибденовых руд несложно. Из руды, содержащей десятые и сотые доли процента молибденита, получают концентраты с содержанием 85-95 %  $\text{MoS}_2$  при общем извлечении минерала из руды 90 %. Вначале обычно проводят коллективную флотацию сульфидов. Затем флотируют молибденит при депрессировании сульфидов меди и железа сернистым натрием или цианидами натрия или калия в щелочной среде. После нескольких перечисток получают стандартный молибденитовый концентрат. В качестве пенообразователя применяют сосновое масло, собирателем служит керосин, трансформаторное масло и др. При обогащении кварцево-молибдено-вольфрамитовых руд сочетают методы гравитации (для получения вольфрамитовых концентратов) и флотации (для получения молибденитовых концентратов).

При обогащении скарных шеелитово-молибденитовых руд вначале извлекают молибденит флотацией, а затем из хвостов молибденовой флотации флотируют шеелит при помощи жирных кислот с применением жидкого стекла. Повеллит при этом переходит в шеелитовый концентрат. Обогащение руд, содержащих окисленные минералы молибдена (повеллит и молибдит), представляет большие трудности. В настоящее время разработаны способы получения повеллитовых концентратов, однако проблема обогащения руд, содержащих молибденит, до сих пор не решена. В результате обогащения некоторых медно-молибденовых и особенно окисленных руд получают некондиционные, бедные по содержанию молибдена концентраты, которые затем подвергают гидрометаллургической переработке с целью получения «химического концентрата».

В условиях переработки тонковкрапленных руд, составляющих основную часть горной массы, поставляемой на горнообогащительные предприятия, все большее внимание должно быть уделено эффективному раскрытию и выделению минералов ценных компонентов из полиминеральных сростков. Особенно актуальна задача для предприятий, перерабатывающих медно-молибденовые руды, в которых доля тонковкрапленных руд составляет более 50 % и растет с увеличением глубины отработки рудного тела. Перспективным путем повышения эффективности

обогащения тонковкрапленных медно-молибденовых руд является совершенствование узла доизмельчения и применение новых модифицированных реагентов.

### **Актуальность**

В отвалах предприятий молибденовой промышленности накоплены большие запасы труднообогатимых забалансовых руд, в том числе, окисленных, смешанных, а также некондиционных, содержащих десятки тонн молибдена и других ценных компонентов. Учитывая значительное сокращение затрат на стадии добычи забалансовых руд, их переработка (при использовании рационального технологического режима) станет экономически целесообразной. Вовлечение в переработку этого сырья будет способствовать не только экономии минеральных ресурсов, продлению сроков эксплуатации действующих предприятий, увеличению выпуска необходимых стране металлов, но и даст возможность улучшить экологическую обстановку.

Однако эти руды являются труднообогатимыми, а эффективные технологии их переработки не разработаны [1-3]. Следует отметить, что трудности обогащения молибденовых руд обусловлены не столько низким содержанием молибдена в них, сколько степенью окисления молибденита и сложностью их вещественного состава, в частности, присутствием значительного количества глинистых минералов. Традиционные технологические схемы не могут обеспечить эффективную переработку труднообогатимых молибденовых руд, поэтому проблема изыскания новых технологических методов и схем их обогащения становится весьма актуальной.

### **Новизна темы**

Получение новых модифицированных реагентов, изучение их коллоидно-химических свойств, установление закономерностей флотации в зависимости от различных факторов внесут вклад в решение основного научного задания – разработку эффективной технологии флотации медно-молибденовой руды с применением модифицированных реагентов.

**Связь данной работы с другими научно-исследовательскими работами**

В лаборатории обогащения института «Гинцветмет» был проверен ряд возможных технологических режимов с применением различных собирателей: ксантогенатов, дитиофосфатов, производных дитиокарбаматов при флотации алмалыкских медно-молибденовых руд [4]. Лучшие результаты были получены в случае использования бутилового дитиофосфата (аэрофлота) и S-цианэтил, N,N, диэтилдитиокарбамата (ДЭЦЭ). Установлено, что применение бутилового аэрофлота, так же как в случае смеси бутилового и изопропилового ксантогенатов, обеспечивает полное извлечение сульфидов меди, молибдена и пирита на стадии рудной флотации, но при этом позволяет снизить расход извести до остаточной щелочности пульпы 250–300 мг/л при получении кондиционного по меди коллективного концентрата.

Более 30 лет работает медно-молибденовая фабрика СП "Эрдэнэт" (Монголия). За это время на фабрике переработано более 500 млн. т руды с содержанием меди 0,78% и молибдена 0,019%. До 2000 г. фабрика работала по технологии, разработанной институтом "Механобр", с применением в качестве собирателя бутилового ксантогената с получением медно-молибденово-пиритного концентрата, разделение которого осуществлялось методом окислительной пропарки в известковой среде. По мере отработки месторождения, помимо значительного снижения содержания меди в руде с 0,89 до 0,65 %, изменился и минеральный состав ее. В настоящее время практически отработаны смешанные руды, резко увеличилась доля первичных сульфидных руд [5-6].

В связи с этим сотрудниками комбината и Гинцветмета проведены исследования по изысканию селективных по отношению к пириту собирателей. На основании проведенных исследований была разработана и в 2000 г. внедрена технология с применением собирателей S-703G (США) и ВК-901 (Китай). Применение этих реагентов позволило получать кондиционные концентраты при переработке первичных сульфидных руд по беспропарочной технологии, но извлечение молибдена снизилось на 10-15 % [7].

В связи с этим, а также учитывая увеличение содержания «первичной» меди в перерабатываемых рудах, проведены исследования по изысканию более эффективного и дешевого собирателя, позволяющего повысить технико-экономические показатели переработки первичных сульфидных руд и сократить расход сернистого натрия в цикле селекции коллективных концентратов. На основании результатов лабораторных и промышленных испытаний предложен собиратель Берафлот-3026 (Россия) - смесь металлилдодецилсульфида, диизопропилдитиофосфата и монобутилового эфира полипропиленгликоля [8]. При работе с Берафлот-3026 извлечение молибдена приблизилось к уровню, полученному с применением бутилового

ксантогената. За счет исключения пропарки значительно улучшена экология процесса, получен значительный экономический эффект.

## **Экспериментальная часть**

### **1.3 Получение модифицированного собирателя на основе нефти и нефтепродуктов**

Для синтеза аполярных собирателей использовали нефть Кумкольского месторождения ГОСТ 51858-2002, печное и дизельное топливо, ГОСТ4749-73.

Подготовка технологической пробы исходных руд включала в себя дробление руды на лабораторной щековой дробилке (ЩДП-л) до крупности - 2,5+0 мм, подготовка проб руды на различные виды анализа, разделку пробы руды на навески для флотационных опытов. В процессе флотации применяли бутиловый ксантогенат (ГОСТ 7927-75), вспениватель Т-80 (ТУ 2452-029-05766801), в качестве базового аполярного собирателя –керосин (ГОСТ 4753-49), для создание рН среды известь (ГОСТ 9179-49),

Нефть казахстанских месторождений характеризуется специфическими физико-химическими свойствами, такими как: высокое содержание парафиновых фракций, серосодержащих соединений, смол и асфальтенов.

В последние годы заметно вырос интерес к гетероорганическим соединениям нефти в плане их использования при флотации полиметаллических руд [40,81].

Эмульгированные аполярные реагенты особенно полезны при флотации шламистых минералов. Новые и эффективные методы с применением механического и особенно ультразвукового эмульгирования обеспечивают получение тонкодисперсных, однородных по гранулометрическому составу и стабильных эмульсий, что чрезвычайно интенсифицирует действие аполярных собирателей при флотации и снижает до минимума их расход на обогатительных предприятиях.

Однако использование нефти в процессе флотации в качестве аполярных собирателей удорожает процесс обогащения в целом.

В этой связи необходимо изыскание дешевых органических соединений, добавление которых к нефти способствовало бы снижению ее расхода без ущерба качества флотационных свойств полученной композиции.

В ходе предварительных исследований нами было показано, что такими дешевыми органическими соединениями могут быть печное и дизельное топливо.

В ходе дальнейших исследований были изучены физико-химические свойства нефти Кумкольского месторождения (табл.1), а также печного и

дизельного топлива, с целью дальнейшего использования их в качестве исходных продуктов для получения модифицированного собирателя. В таблице 1 приведены основные характеристики Кумкольской нефти.

Таблица 1 – Характеристика исследуемой нефти

н/п	Определяемый параметр и его размерность	Нефть Кумкольская
11.	Плотность $\rho$ , г/см <sup>3</sup>	0,824
22.	Вязкость кинематическая, мм <sup>2</sup> /сек 20°С 30 °С 40 °С 50 °С	16,25 9,24 6,21 4,30
33.	Температура застывания, Т°С	+13,5
44.	Температура вспышки в закрытом тигле, °С	+8
55.	Температура, °С при 37,5°С при 50,0°С	Давление насыщенных паров, кПа 22,250 36,085
66.	Температура, °С 20°С 30 °С 40 °С 50 °С	Напряжение сдвига $\tau$ , Па 9,50 5,39 3,61 2,48
77.	Компоненты: а) парафина, мас. % б) асфальтенов. масла. % в) смол силиконов. % г) серы, мас. % д) азота, мас. % е) хлористых солей, мг/л ж) кислотного числа, мг КОН/г	Содержание: 10,0 1,10 4,23 0,235 0,02 126 0,0045

Нефть Кумкольского месторождения - легкая, малосернистая, малопарафинистая и легкозастывающая.

Состав исходных веществ исследован методом ИК-спектроскопии. Полученные данные представлены на рисунках 1 – 3.

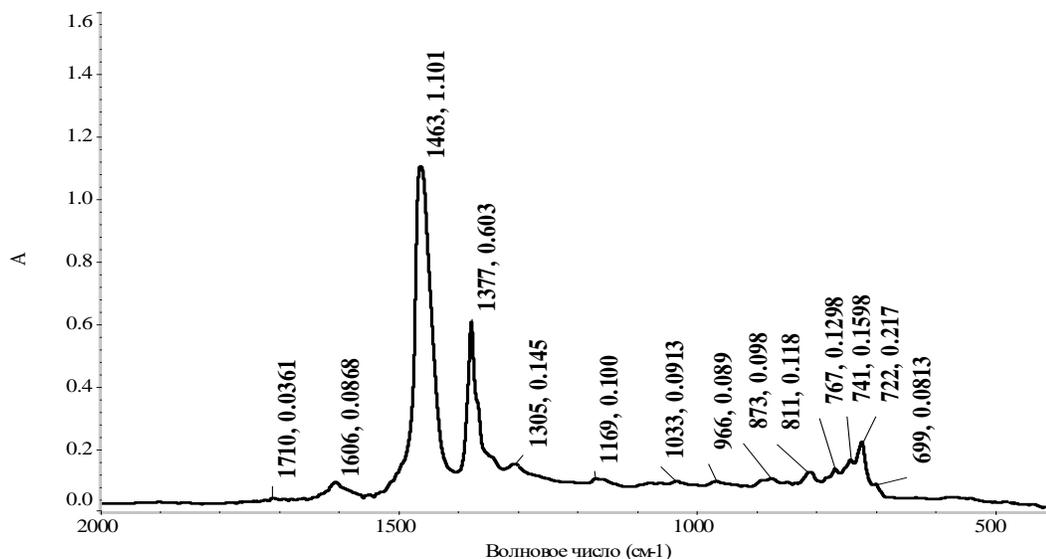


Рисунок 1 - Инфракрасный спектр пробы нефти Кумкольского месторождения

Согласно полученным ИК-спектрам (рисунок 1) установлено, что в исследуемом образце нефти Кумкольского месторождения преобладают парафиновые структуры нормального и изостроения, присутствуют длинные парафиновые цепочки. Отмечено наличие нафтеновых и ароматических структур. Эти соединения содержатся в значительно меньших количествах, чем парафиновые. Карбонильная группа отсутствует, нефть не окислена.

На рисунке 2 приведен ИК-спектр пробы печного топлива.

Отмечено наличие нафтеновых и ароматических структур. Эти соединения содержатся в значительно меньших количествах, чем парафиновые. Карбонильная группа отсутствует, нефть не окислена.

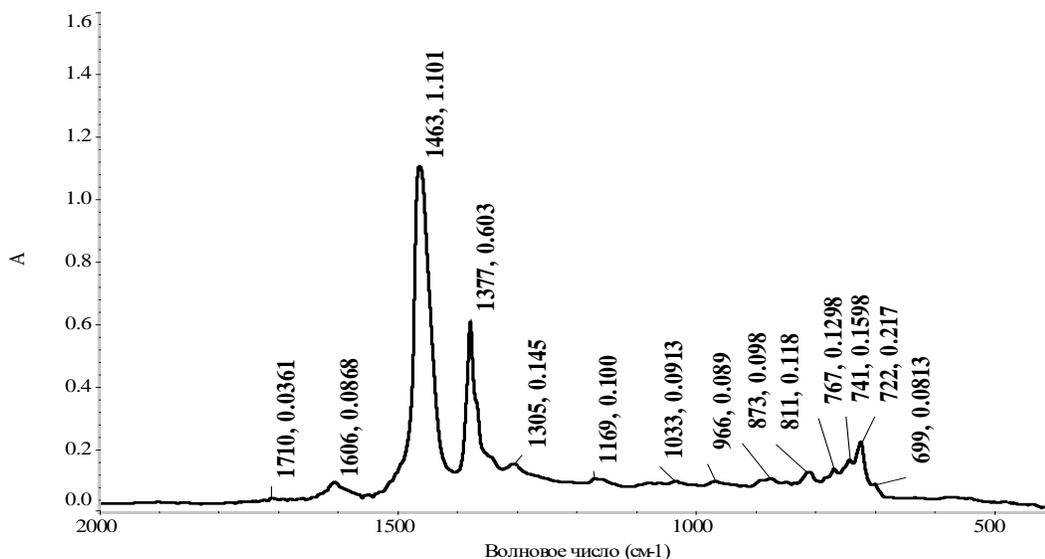


Рисунок 2 - Инфракрасный спектр пробы печного топлива

Установлено возможное присутствие алкенов – 3074, 2956, 2924, 2854, 1822, 1641, 1465, 1377, 1303, 993, 909, 722, 637  $\text{см}^{-1}$ . Наиболее интенсивные полосы в спектре относятся к валентным колебаниям С–Н алифатических углеводородов  $\nu$  СН – 2956, 2924, 2854  $\text{см}^{-1}$ , деформационным колебаниям групп,  $\delta$  СН<sub>2</sub>СН<sub>3</sub> - 1465, 1377  $\text{см}^{-1}$ ,  $\rho$  СН<sub>2</sub> - 722  $\text{см}^{-1}$ . Полоса при волновом числе 3074  $\text{см}^{-1}$  свидетельствует о присутствии в составе пробы ненасыщенного ароматического соединения.

#### 1.4 Исследование образца нефти Кумкольского месторождения

Наличие двойных связей подтверждается зафиксированными при 1641, 1606  $\text{см}^{-1}$  полосами валентных колебаний С=C, которые могут соответствовать соединениям типа RCH=CH–CH=CHCOX в транс-цис-форме. Винильная группа характеризуется полосами в спектре – 1641, 993, 909  $\text{см}^{-1}$ . Имеются веерные колебания СН олефинов с двойной связью в конце цепи - 993, 909  $\text{см}^{-1}$ . Зафиксирована полоса неплоских крутильно-деформационных колебаний СН транс-дизамещённых производных этилена при волновом числе 965  $\text{см}^{-1}$ . Возможно присутствие ароматических соединений, для которых характерно наличие полос 1606, 810, 766, 741  $\text{см}^{-1}$ . Вне плоскостным деформационным колебаниям СН ароматического кольца присущи полосы - 810, 766, 741  $\text{см}^{-1}$ .

В высокочастотной области спектра в диапазоне проявления валентных колебаний О – Н и N – Н наблюдается широкая полоса слабой интенсивности с максимумом при волновом числе 3363  $\text{см}^{-1}$ . Полосы поглощения с максимумами при волновых числах 1168, 1021  $\text{см}^{-1}$  попадают в диапазон

проявления валентных колебаний С – О спиртов, фенолов, эфиров. Полоса поглощения при  $1021\text{ см}^{-1}$  попадает также в диапазон проявления валентных колебаний углеродного скелета.

Полоса при волновом числе  $626\text{ см}^{-1}$  попадает в диапазон проявления валентных колебаний связей С – S, а также С – Х галогенопроизводных органических соединений.

На рисунке 3 приведен ИК-спектр пробы дизельного топлива.

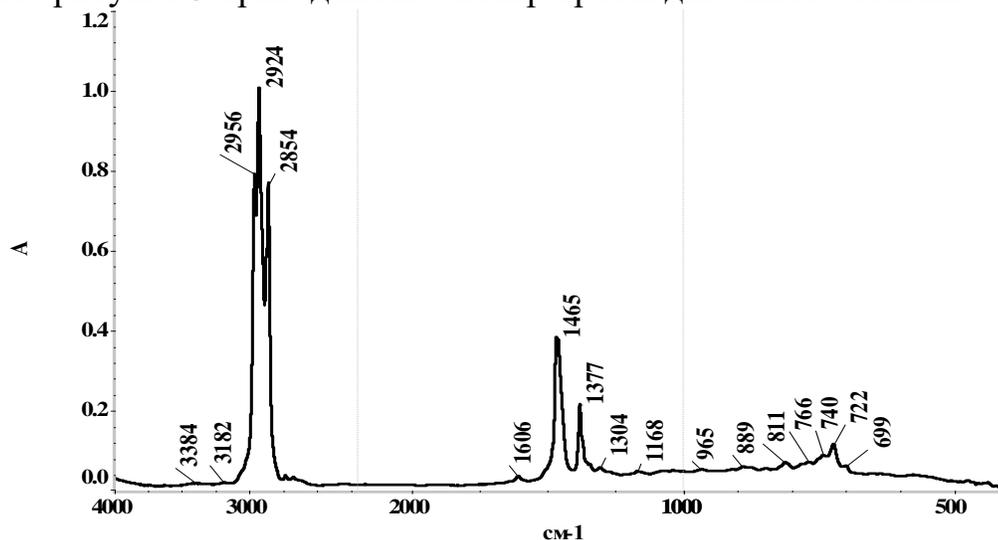


Рисунок 3 - Инфракрасный спектр пробы дизельного топлива

Самые интенсивные полосы относятся к метиленовым ( $\text{CH}_2$ ) и метильным ( $\text{CH}_3$ ) группам алифатических углеводородов: валентные колебания  $\nu\text{ CH}_2$ ,  $\text{CH}_3$  -  $2956$ ,  $2924$ ,  $2854\text{ см}^{-1}$ , деформационные колебания  $\delta\text{ CH}_2$ ,  $\text{CH}_3$  -  $1465$ ,  $1377\text{ см}^{-1}$ ,  $\rho\text{ CH}_2$  -  $722\text{ см}^{-1}$  (маятниковые колебания) [3]. В высокочастотной области спектра в диапазоне проявления валентных колебаний О – Н и N – Н наблюдаются очень слабые полосы с максимумами при волновых числах  $3384$ ,  $3182\text{ см}^{-1}$ .

В спектре наблюдаются также полосы ароматических соединений  $1606$ ,  $811$ ,  $766$ ,  $740$ ,  $699\text{ см}^{-1}$ . Колебания  $\text{C}=\text{C}$  кольца –  $1606\text{ см}^{-1}$ , внеплоскостные деформационные колебания СН ароматического кольца -  $811$ ,  $766$ ,  $740$ ,  $699\text{ см}^{-1}$  [3, 4, 5]. Ароматические соединения преобладают по сравнению с печным топливом.

Зафиксирована полоса неплоских крутильно-деформационных колебаний СН транс-дизамещённых производных этилена при волновом числе  $965\text{ см}^{-1}$  [4].

Полоса с максимумом при волновом числе  $1168\text{ см}^{-1}$  может быть отнесена к колебаниям С–О в алифатических эфирах и к неплоскому колебанию углеродного скелета в структуре.

Таким образом, в ходе физико-химических исследований исходных веществ установлено, что в состав печного топлива, в основном, входят алифатические углеводороды, в гораздо меньшем количестве – ароматические соединения, в то время как в составе дизельного топлива, по сравнению с печным, преобладают ароматические соединения.

Учитывая, что в составе нефти Кумкольского месторождения имеет место наличие сернистых соединений, которые могут являться природными эмульгаторами и оказывать значительное влияние на стабильность получаемых для флотационного обогащения эмульсий, нами для дальнейших исследований были выбраны дизельное топливо и нефть Кумкольского месторождения и составлены на их основе композиции (табл. 2).

п/п	№	Соотношение компонентов	Время расслоения, сут.
1		Модифицированный реагент 1:1 (нефть+дизельное топливо)	3
2		Модифицированный реагент 1:2 (нефть+ дизельное топливо)	1
3		Модифицированный реагент 2:1 (нефть+ дизельное топливо)	6

Таблица 2 - Экспериментальные результаты определения устойчивости эмульсий

Для получения эмульсий, исходные реагенты диспергировали с помощью ультразвукового аппарата «УЗДН-А1200Т» фирмы «НПП «Укрросприбор»[8-10].

На первом этапе определено оптимальное время диспергирования эмульсии №1, которое равно 6 минут. Необходимо отметить, что оптимальным временем диспергирования следует считать наибольший выход частиц - 66,9% размером 75нм.



Рисунок 4 - Анализатор размеров частиц Photocor Compact

Данный прибор позволяет измерить следующие характеристики дисперсных частиц: размер частиц, дзета-потенциал частиц, коэффициент диффузии.

Принцип работы анализатора Photocor Compact основан на методе статического и динамического рассеяния света (фотонной корреляционной спектроскопии). Размер диспергированных в жидкости частиц и молекулярная масса полимерных молекул определяется измерением корреляционной функции флуктуаций интенсивности рассеянного света и интегральной интенсивности рассеяния. Диапазон измеряемых размеров находится в пределах от 1 нм до 10 мкм.

Далее в ходе исследований определено время расслоения эмульсий, согласно описанной в главе 2 методике. Результаты представлены в табл. 3.

Таблица 3 – Результаты диспергирования эмульсии №1.

№ п/п.	Время диспергирования	Количество частиц эмульсии, нм	Выход, %
1	3 минут	105	82,4
		75	60,3
		40	10,4
2	6 минут	105	83,8
		75	66,9
		40	10,0
3	9 минут	105	83,4
		75	66,2
		40	10,6

Из полученных данных видно, что наибольшее время расслоения смеси наблюдается для эмульсии №3, состоящей из одной части дизельного топлива и 2 частей нефти, т.е. данная эмульсия наиболее стойкая. Однако с точки зрения производства данный промежуток достаточно продолжителен, более приемлема смесь №1. Наименее стойкая смесь №2.

Таким образом, проведенными исследованиями установлено, что использование ультразвукового воздействия на смесь реагентов: нефть - дизельное топливо, взятых в соотношении 1:1, способствует получению устойчивой эмульсии, оптимальным временем диспергирования следует считать 6 минут.

Анализ результатов проведенных экспериментов подтверждает эффективность и целесообразность использования ультразвукового воздействия на смесь данных реагентов для получения устойчивой эмульсии.

### *Выводы*

Эмульгированные аполярные реагенты особенно полезны при флотации шламистых минералов. Новые и эффективные методы с применением механического и особенно ультразвукового эмульгирования обеспечивают получение тонкодисперсных, однородных по гранулометрическому составу и стабильных эмульсий, что чрезвычайно интенсифицирует действие аполярных собирателей при флотации и снижает до минимума их расход на обогатительных предприятиях.

Однако использование нефти в процессе флотации в качестве аполярных собирателей удорожает процесс обогащения в целом.

## **2 Разработка и укрупненно-лабораторные испытания технологии обогащения медно-молибденовой руды месторождения Актогай**

### *Флотационные реагенты*

Реагенты являются наиболее важной частью процесса флотации. Выбор реагентов имеет большое значение для процесса, чтобы дать наиболее эффективные результаты разделения и концентрации. Таким образом, на коммерческих предприятиях контроль добавления реагентов является наиболее важной частью процесса флотации. Флотационные реагенты можно разделить на три основных класса в зависимости от функции конкретного реагента. Они делятся на коллекторы, пенообразователи и модификаторы.

### *Коллекторы*

Коллекторы - это в основном органические химические соединения, которые различаются по химическому составу и функции. Основная цель коллектора состоит в том, чтобы избирательно формировать гидрофобный слой на заданной минеральной поверхности во флотационной пульпе и, таким образом, обеспечивать условия для прикрепления гидрофобных частиц к пузырькам воздуха и извлечения таких частиц в пенный продукт. Коллекторы можно разделить на отдельные группы в зависимости от их способности растворяться в воде.

*Вспениватели* являются гетерополярными поверхностно-активными соединениями, которые снижают поверхностное натяжение воды и обладают способностью адсорбироваться на границе раздела воздушный пузырь-вода. Их присутствие в жидкой фазе увеличивает прочность пленки пузырьков воздуха, обеспечивая тем самым лучшее прикрепление гидрофобных частиц к пузырькам. Гетерополярная структура пенообразователя заставляет неполярную группу ориентироваться к воздуху, а полярную группу - к воде. Хороший пенообразователь не должен иметь собирающей способности, но должен быть в состоянии гарантировать, что всплывающие минералы переносятся из поплавковой камеры в сборный лаундер. Пенообразователи должны быть в некоторой степени растворимы в воде, чтобы они равномерно распределялись в водном растворе, чтобы гарантировать их поверхностно-активные свойства. Наиболее широко используемые пенообразователи включают природные химические вещества, такие как сосновое масло, крезоловая кислота, и синтетические реагенты, такие как метилизобутилкарбинол (МIBC) и простые эфиры полигликоля. Однако наиболее часто используются спирты (ОН), поскольку они не имеют

коллекторских свойств и в этом отношении предпочтительнее других пенообразователей, таких как карбоксилы, которые также являются мощными собирателями.

Модификаторы - это химические вещества, широко используемые во флотации для модификации действия коллектора, что делает действие коллектора более селективным по отношению к определенным минералам. Модификаторы можно классифицировать как активаторы, депрессоры и модификаторы рН. Активаторы реагируют с минеральной поверхностью, так что они становятся гидрофобными из-за действия коллектора, депрессанты повышают селективность флотации, заставляя определенные минералы гидрофильными, а модификаторы рН регулируют ионный состав, изменяя концентрацию ионов в ионе водорода в пульпе. В таблице 1 приведены некоторые из модификаторов, используемых при сульфидной и несulfидной минеральной флотации. Флотация сульфидных руд

Сульфидные руды являются основными источниками неблагородных металлов, таких как медь, свинец, цинк, никель и кобальт. Обогащение этих сульфидных минералов из неблагородных металлов осуществляется преимущественно методом пенной флотации.

Некоторые из наиболее важных сульфидных минералов: Галена ( $PbS$ ), Сфалерит ( $ZnS$ ), Халькозин ( $Cu_2S$ ), Ковеллит ( $CuS$ ), Халькопирит ( $CuFeS_2$ ), Пирит ( $FeS_2$ ) и Молибдит ( $MoS$ ). Согласно отличительными признаками этих минералов являются:

1. Минералы являются ковалентно связанными соединениями и обладают очень низкой растворимостью; Каждый из этих минералов имеет определенный продукт растворимости в воде.

2. Сульфидные минералы являются метастабильными и склонны к окислению поверхности в присутствии воды и кислорода.

3. Минералы - это электронные полупроводники, которые могут служить источником или стоком для электронов и, следовательно, могут поддерживать электродную реакцию на поверхности. Большинство сульфидных минералов регулярно заряжаются в рабочем диапазоне рН, и поэтому электрическое взаимодействие двойного слоя препятствует адсорбции обычно используемых анионных реагентов.

4. Некоторые из сульфидов имеют слабую природную гидрофобность. Некоторые из них способны к быстрой и полной флотации в отсутствие обычных коллекторов.

5. Одним из важных последствий электрохимической природы поверхностной реакции является гальваническое взаимодействие между измельчающими средами и сульфидными минералами. Сульфидные рудные минералы обычно плавают с использованием реагента тиолового типа,

ксантогенатов и дитиофосфатов. Окисленные минералы не реагируют на эти коллекторы и, следовательно, требуют обработки, модифицирующей поверхность.

В цикле коллективной медно-молибденовой флотации в качестве собирателя применяют керосин и ксантогенат, а для депрессии пирита используют известь. Перед разделением коллективной флотации медно-молибденовый концентрат сгущают при загрузке извести до pH 11,5, используется десорбцию и удаление части собирателя с поверхности минералов. Перемешивают в течение 4-6 часов с обработкой пульпы острым паром при температуре, близкой к кипению, и аэрацией, затем ведут селективную флотацию (после разбавления пульпы водой при pH 8,5-8,8) с добавками углеводородного масла. При этом в пенный продукт извлекают молибденит, камерным продуктом получают медный концентрат.

Недостатками этого способа является большая продолжительность продолжительно-тепловой обработки пульпы и, как следствие, значительные энергозатраты и относительно невысокая производительность.

Технический результат, на достижение которого направлено настоящее техническое решение, заключается в повышении эффективности и интенсификации процесса разделения медно-молибденовых руд.

Указанный технический результат заключается в том, что в способе флотации медно-молибденовых руд, включающем коллективную флотацию и молибдена в окружающей среде, создаваемой среде, согласно использованию коллективную флотацию проводят в собирателя и вспенивателя, концентрат коллективной флотации после операций с получением молибденового концентрата продуктом, а хвосты молибденовой флотации направляют на классификацию, причем продукт направляет шламовую флотацию в модель собирателя, а хвосты хвоста направляют на молибденовую флотацию. молибденовой флотации направляют на класси собирающую, причем тонкий продукт направляют на шламовую флотацию в предполагаемом устройстве и вспенивателя, а грубый, после доизмельчения, направляют на песковую флотацию в присутствии собирателя и вспенивателя, после чего концентраты шламовой и песковой флотации объединяют в медный концентрат, а хвосты направляют в отвал.

Сульфидные медные руды считаются простыми в обработке при условии, что основным минералом меди является халькопирит. Однако, если руда содержит вторичные минералы меди, такие как халькоцит, борнит и ковеллит, депрессия пирита может стать проблемой, поскольку пирит может активироваться ионами меди, образующимися во время операции измельчения. Некоторые руды сульфида меди могут быть частично окислены, что также

влияет на выбор схемы реагентов. Медно-сульфидные руды, как правило, более мелкозернистые, чем медно-порфиновые руды, и требуют более тонкого измельчения (то есть 70–80% <200 меш) .

### *Реагенты, используемые при флотации сульфидных руд*

Обычно используемые реагенты на промышленных флотационных установках представляют собой коллектор, пенообразователь, активатор, депрессанты и модификаторы рН. Из всего вышеперечисленного коллекторы являются наиболее важными реагентами, которые играют критическую роль в сульфидной флотации. Коллекторы сульфгидрильного или тиолового типа, которые обычно состоят из группы «SH» в сочетании с органическим радикалом, имеют широкое применение. Обширные исследования были проведены для понимания химии поверхности и взаимодействия между коллекторами и сульфидами. Взаимодействие между сульфидными минералами и тиоловыми коллекторами происходит по механизму смешанного потенциала коррозионного типа, включающему одновременные электрохимические реакции на границе раздела минеральных вод.

Разница потенциалов границы раздела минерального раствора является наиболее важным параметром, определяющим скорость реакций, вызывающих флотацию, которая называется Redox Potential (Eh). Контролируя окислительно-восстановительную среду пульпы, Eh можно контролировать и использовать в качестве одного из параметров оперативного контроля процесса флотации в установке для природных или слабо плавающих сульфидных минералов.

Для повышения селективности сбора многие модифицирующие агенты, такие как активаторы и депрессоры, используются для растворимых сульфидных минералов.

Однако сообщалось, что кинетика / селективность флотации многих растворимых сульфидов, например сфалерита и пирротита, требует активации при нормальных условиях флотации. Длинноцепочечные ксантогенаты обычно используются для улучшения селективности, и исследовательская работа подтвердила взаимосвязь между числом атомов углерода, реакцией флотации и продуктом растворимости соответствующих ксантогенатов металлов. Коллекторы ксантогената не способны извлекать ультратонкие частицы (<10 мкм), и в мелкой фракции могут происходить значительные потери. Они не селективны в отношении сульфида железа. Сообщается, что среднее потребление ксантогената относительно велико и составляет от 50 до 150 г / т. Следовательно, смесь двух или трех типов ксантогенатов на разных стадиях сбора также в сочетании с дитиофосфатами и некоторыми

нитрильными соединениями используются на многих сульфидных флотационных установках. Выбор коллектора также зависит от характера и распространенности меди и связанных с ней сульфидов. В большинстве случаев ксантогенатные коллекторы используются отдельно или в комбинации с дитиофосфатами или тионокарбаматами. Дитиофосфаты и тионокарбаматы обычно используются, когда вторичные медные минералы присутствуют в руде или когда флотация меди проводится при более низком рН. Другим важным параметром, который оказывает заметное влияние на флотацию сульфидных минералов, является рН. Установлено, что ксантогенаты разлагаются в кислой среде и, следовательно, приводят к снижению флотационного восстановления. Таким образом, при надлежащем контроле рН пульпы может быть достигнута селективная флотация одного сульфида из другого.

Что касается других реагентов, используемых при сульфидной флотации, депрессанты, такие как цианид натрия, сульфат цинка и метасульфид натрия, являются распространенными. Цианид был использован в качестве депрессора и дезактиватора при флотации сульфидных минералов. Однако фактическое влияние цианида на процесс флотации до сих пор неясно и сильно зависит от химических условий раствора и времени реакции. Сообщалось, что цианид активирует, а не подавляет флотацию в некоторых случаях. Эффективность депрессанта зависит от концентрации и выбора коллектора. Сосновое масло, метилизобутилкарбинол (МIBC) и крезоловая кислота коммерчески используются в качестве пенообразователей при сульфидной флотации в зависимости от общей экономики и природы пенообразователя, будь то хрупкого или твердого, и требуемого размера пузырьков пены. Выбор пенообразователя варьируется от одного типа руды к другому, и чаще всего используется пенообразователь типа спирта. Исключения составляют случаи, когда глинистые шламы присутствуют в руде; затем используют смесь двух пенообразователей или пенообразователя гликолевого типа.

Если сульфид связан с оксидами и оксидными минералами, руду подвергают сульфидированию с помощью сульфида натрия с последующей флотацией с ксантогенатом или метакаптобензолами и мекартанами. Процесс сульфидирования должен тщательно контролироваться, как правило, поэтапно и предпочтительно посредством контроля целлюлозы Ен. Хелатообразователи и катионные коллекторы также используются для флотации окисленных минералов.

## 2.2 Месторождение Актогай

Месторождение Актогай располагается в восточной части вулканического глубинного пояса, который простирается вдоль северной части озера Балхаш и содержит несколько медно-порфировых месторождений.

KAL обладает правом владения месторождением согласно Лицензии № 637 от 9 июня 2004 года. Горный отвод занимает площадь 6,1 км<sup>2</sup>. Самым низким пределом отработки является горизонт RL - 140 м (ниже исходного уровня Балтийского моря).

Геологоразведка и оконтуривание запасов проводилось разведочной группой, специально со-зданной для проекта Актогай Южно-Казахстанским территориальным геологическим управле-нием, в три перекрестных этапа.

- Поисковая оценка с марта 1975 г. по январь 1977г.
- Предварительные геологоразведочные работы с мая 1976 г. по декабрь 1977г.
- Детальная разведка с июля 1977 г. по январь 1980 г., включающая технико- экономические расчеты, выполненные в период с конца 1977г. по июнь 1978г.

Границы Актогайского рудного поля определяются морфологией Колдарского интрузивного массива и зоной его экзоконтактов с отложениями керегетасской свиты. Обнаженная часть массива фиксирует ядро Колдарской горст-антиклинали, крылья которой сложены вулканогенно-осадочными и вулканогенными отложениями колдарской, кзылкиинской и бакалинской свит. По отношению к Колдарскому массиву все они являются более молодыми.

Геологические и геофизические данные показывают, что Колдарский интрузивный массив представляет собой лакколит, состоящий из диорита и гранодиорита. Открытая часть этой интрузии простирается с запада на восток примерно на 17 км и занимает площадь в 75 км<sup>2</sup>.

Рудоносный штокверк месторождения Актогай расположен среди гранитоидов первой фазы Колдарского массива и распространяется на восточную часть Центрально-Актогайского ксенолита терригенно-вулканогенных пород керегетасской свиты. Принципиальной особенностью участка месторождения является кольцевой план геологических образований и рудоносного што-кверка в целом, обусловленный особенностями тектонического строения [14].

Для участка месторождения, как и для рудного поля в целом, характерно блоковое строение, предопределенное разрывными дислокациями. В пределах месторождения выделено 11 сравнительно крупных тектонических блоков.

В целом рудоносный штокверк можно охарактеризовать как толстостенный усеченный эллиптический опрокинутый конус, нижняя образующая которого имеет неровные зубчатые края, расщепляющиеся на серию выклинивающихся проводников с малыми невыдержанными сечениями.

Запасы месторождения Актогай утверждены ГКЗ СССР 15 октября 1980 г. протоколом №8605 по состоянию на 1 июля 1980 г.

Окисленные руды оценивались по методу геологических блоков с определением объемов через среднюю мощность и площадь проекции на условную горизонтальную плоскость (горизонт +420 м) «осажденной» продуктивной части зоны окисления.

Запасы сульфидных руд месторождения оценивались методом геологических блоков в модификации определения по методу разрезов, объемов элементарных блоков, составляющих геологический подсчетный блок.

Балансовые руды основной части штокверка дополнительно расчленялись на горизонтальные пластины, имеющие в основании плоскости горизонтов +340, 280, 220, 160, 100, 40, -20, -80 и -140 м.

### **2.3 Технология переработки руды**

Технологическая схема переработки руд предусматривает следующие процессы:

- первичное дробление в конусной дробилке до крупности - 250мм и двухстадиальное измельчение до крупности 80% -0,180мм;
- измельчение в шаровой мельнице полусамоизмельчения в открытом цикле с выделением рудной гали и последующей второй стадией измельчения в шаровых мельницах в замкнутом цикле с гидроциклонами (поверочная классификация);
- двухстадиальное додрабливание рудной гали в конусных дробилках и в дробилке высокого давления (ролл-пресс);
- флотационное обогащение сульфидной руды, измельченной до крупности 80% -0,180мм (основная, контрольная);
- сгущение сульфидного концентрата;
- молибденовое флотационное обогащение сульфидного концентрата;
- сгущение медного концентрата;
- фильтрация, упаковка и отгрузка медного и молибденового концентрата;
- сгущение и укладка отвальных хвостов ОФ.

Минеральные ресурсы месторождения Актогай составляют 1 719 млн. тонн при среднем содержании меди 0,33 %. Актогай является одним из крупнейших месторождений меди и молибдена в мире, месторождение входит в число уникальных на бывшем советском пространстве.

Верхняя часть рудного тела месторождения Актогай представлена окисленными рудами, которые перерабатываются по технологии кучного выщелачивания.

Вторым продуктом, получаемым при переработке руды месторождения Актогай является молибденовый концентрат. Ориентировочное содержание молибдена в месторождении 115 тыс. тонн.

В исследуемой пробе руды месторождения основной медьсодержащий минерал - халькопирит. Он характеризуется относительно равномерным распределением. Наиболее представительной формой выделения его являются вкрапления размером 0,003-1,0 мм. В обогащенных участках халькопирит образует гнездовидные выделения и скопления величиной 1,8-2,5 мм. Молибденит образует единичные пластины (0,001-0,1 мм) в кварцевых, калишпатовых и хлорит-кварц-калишпатовых прожилках. Корродируется блеклой рудой, обрастает зернами халькопирита. Кварц-молибденитовые прожилки секутся прожилками позднего карбоната.

В табл.1 и 2 приведены результаты рентгенофазового анализа исследуемой пробы руды, а на рисунках 1 и 2 - результаты ИК-спектроскопического и минералогического анализов.

Из табл. 1 следует, что наиболее представительными фазами руды является кварц, альбит, анорит и клинохор, в меньших количествах присутствуют глаголевит, графит, иллит, фиррит, нефелин, мусковит.

Таблица 1 - Результаты рентгенофазового анализа исходной пробы руды месторождения Актогай

Compound Name	Formula	S-Q
Quartz, san	SiO <sub>2</sub>	34,1
Albite, calcian, ordered	(Na,Ca)Al(Si,Al) <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	18,7
Anorthite, sodian, intermediate	(Ca,Na)(Si,Al) <sub>4</sub> O <sub>8</sub>	15,0
Clinocllore-2MIIb	Mg <sub>5</sub> Al(Si <sub>3</sub> Al)O <sub>10</sub> (OH) <sub>8</sub>	12,9
Glagolevite	NaMg <sub>6</sub> (Si <sub>3</sub> Al)O <sub>10</sub> (OH,O) <sub>8</sub> ·H <sub>2</sub> O	4,4
Graphite, syn	C	3,0
Ferrierite	(Na,K,Mg) <sub>2</sub> (Si,Al) <sub>18</sub> O <sub>36</sub> ·9H <sub>2</sub> O	2,7
Nepheline, potassian, syn	(K,Na)AlSiO <sub>4</sub>	2,6
Illite-2M1 (NR)	(K,H <sub>3</sub> O)Al <sub>2</sub> Si <sub>3</sub> AlO <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub>	2,2
Muscovite-1M, syn	KAl <sub>2</sub> Si <sub>3</sub> AlO <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub>	2,1

Aegirine-augite	(Na,Ca)Fe+3Si <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	2,0
Fluoro-arfvedsonite, manganian lithian potassian	Na <sub>3</sub> (Fe,Mn,Mg) <sub>4</sub> FeSi <sub>8</sub> O <sub>22</sub> (F,OH) <sub>2</sub>	

Результаты рентгенофазового анализа подтверждены данными ИК-спектроскопических исследований (рисунок 1), согласно которым в пробе присутствуют:

- кварц  $\alpha$ -SiO<sub>2</sub> – 1086, 797, 778, 695, 516, 464, 397, 374 см<sup>-1</sup>,
- кальцит CaCO<sub>3</sub> – 1792, 1418, 876п, 713п см<sup>-1</sup>[1, 3];
- олигоклаз (Ca<sub>0.1-0.3</sub>, Na<sub>0.9-0.7</sub>) (Al, Si) Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub> – 1006, 761, 645, 586, 464, 432 см<sup>-1</sup>;

- альбит Na[AlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>] – 761, 743п, 725п, 645, 609п, 586, 533, 464, 432 см<sup>-1</sup>;
- ортоклаз –K[AlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>]–1032, 761, 725п, 645, 586, 432 см<sup>-1</sup>.

Возможно присутствие, пирита FeS<sub>2</sub>– 347см<sup>-1</sup>.

В высокочастотной области в диапазоне проявления валентных колебаний  $\nu$ OH зафиксированы полосы поглощения с максимумами при волновых числах - 3564, 3491 см<sup>-1</sup>.

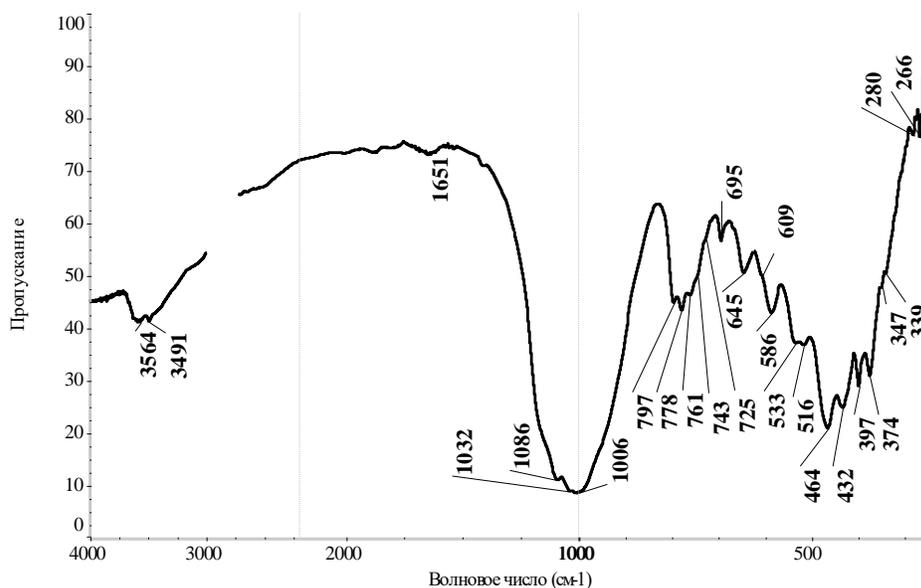


Рисунок 1 - Инфракрасный спектр исходной руды месторождения Актогай

Полоса поглощения при 3564 см<sup>-1</sup> может быть отнесена к валентным колебаниям  $\nu$ OH минерала из группы хлоритов. Полоса поглощения с максимумом при 3491 см<sup>-1</sup> может соответствовать прениту Ca<sub>2</sub>Al<sub>2</sub> [(OH)<sub>2</sub> | Si<sub>3</sub>O<sub>10</sub>]и алунисту KAl<sub>3</sub>[(OH)<sub>6</sub>|(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>].

Полосы при волновых числах 340, 279, 266  $\text{см}^{-1}$  попадают в диапазон проявления характеристических полос поглощения полиэдров  $\text{FeO}_6$  -350-250  $\text{см}^{-1}$ ;  $\text{MgO}_6$  -400-300  $\text{см}^{-1}$ .

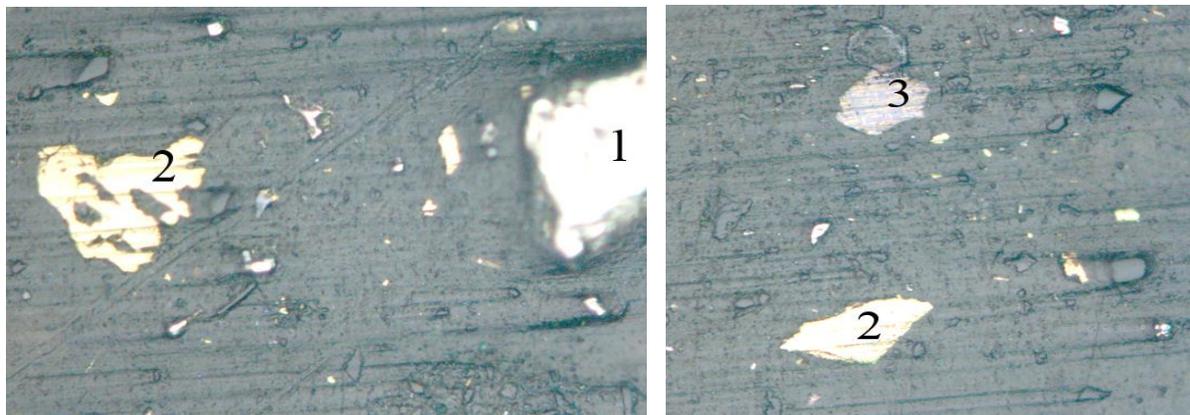


Рисунок 2 – Минералогический состав исходной руды:  
1 – пирит; 2 – халькопирит; 3 – борнит.

В табл. 2 представлены результаты рационального анализа исследуемой руды.

Таблица 2 – Рациональный анализ руды месторождения Актогай

Фазы	Содержание	
	абсолютное	относительное
Медь:		
Халькопирит	0,25	73,5
Борнит	0,03	8,8
Халькозин	0,05	14,7
Азурит	0,01	3,0
Общая	0,34	100,0
Молибден:		
Молибденит	0,0096	96,0
Повеллит	0,0004	4,0
Общий	0,01	100,0

По результатам химического анализа в исходной пробе руды содержится 0,009 % молибдена; 0,4 % меди; 0,58 % серы; 5,2 % железа; 4,6 %  $\text{CaO}$ ; 16,5 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; 55,7 %  $\text{SiO}_2$ ; 4,6 %  $\text{MgO}$ ; 0,27 %  $\text{Ti}$ .

В ходе исследований проведен гранулометрический анализ исходной руды. навеска руды составляла 500 грамм. Результаты ситового анализа представлены в табл. 3.

Таблица 3 – Распределение полезных компонентов в дробленой руде

Класс крупн., мм	Выход, %	Содержание, %		Распределение, %	
		Cu	Mo	Cu	Mo
-2,5+1	31,25	0,35	0,0075	26,5	20,7
-1,0+0,5	29,5	0,33	0,01	23,6	26,0
-0,5+0,2	18,2	0,4	0,011	17,6	17,7
-0,2+0,1	7,5	0,52	0,016	9,4	10,6
- 0,1+0,071	3,95	0,63	0,019	6,0	6,6
- 0,071+0,05	5,0	0,55	0,015	6,7	6,6
-0,05	4,6	0,91	0,029	10,2	11,8
Исх. руда	100	0,41	0,011	100,0	100,0

Из табл. 3 видно, что около 50,1 % меди и 46,7 % молибдена в исходной руде находится в классах -2,5+0,5 мм.

При более глубоком измельчении руды (до 90 % класса -0,074 мм) выявлено, что большая часть меди и молибдена (75-77 %) распределяется по классам +50 мкм и -20 мкм. В классе крупности + 50 мкм содержится 33,0 % меди и 41,0 % молибдена; в классе -20 мкм находится 42,1 % меди и 36,0 % молибдена. Результаты исследований представлены в табл.4.

Таблица 4 – Гранулометрический состав измельченной руды

Класс крупности, мкм	Выход, %	Содержание, %		Распределение, %	
		Cu	Mo	Cu	Mo
+60	19,9	0,41	0,017	21,2	30,9
-60+50	12,3	0,37	0,009	11,8	10,1
-50+40	12,3	0,38	0,011	12,1	12,3
-40+30	2,0	0,43	0,011	2,3	2,0
-30+20	10,7	0,38	0,009	10,5	8,7
-20+10	23,6	0,39	0,011	23,8	23,7
-10+0	19,2	0,37	0,007	18,3	12,3
Исх. руда	100	0,39	0,011	100,0	100,0

### Продолжение таблицы

Коллективный медно-молибденовый концентрат из руды месторождения Актогай проводилась по технологическому режиму, включающему измельчение в шаровой мельнице и флотацию во флотомашинах объемом камер 3,0; 1,0; 0,5; 0,25; 0,15; 0,1 дм<sup>3</sup> с применением традиционного ксантогената.

В цикле коллективной медно-молибденовой флотации проводились опыты по выявлению оптимальной степени измельчения руды и реагентного режима, необходимого для получения медно-молибденового концентрата.

Для проведения технологических исследований проба руды дробилась на лабораторной щековой дробилке и измельчалась в лабораторной шаровой мельнице.

Схема коллективной медно-молибденовой флотации руды месторождения Актогай представлена на рисунке 3. Цикл состоял из основной и контрольной коллективной медно-молибденовой флотации и трех перечисток коллективного медно-молибденового концентрата.

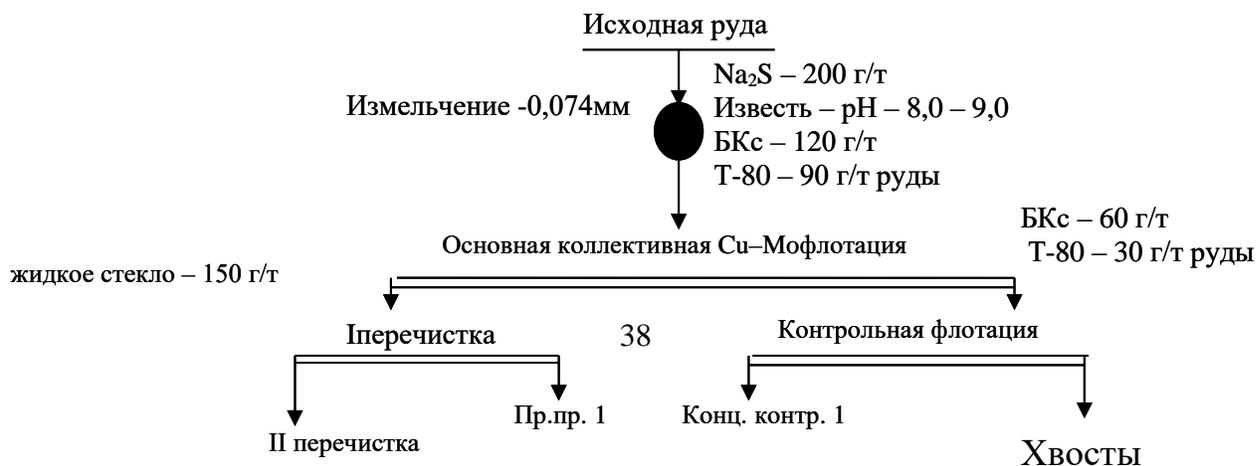


Рисунок 3 – Схема коллективной флотации медно-молибденовой руды.

В процесс измельчения подавали: известь для создания рН среды равной 8,0 – 9,0; сульфид натрия для сульфидизации минералов.

Основную коллективную медно-молибденовую флотацию проводили в течение 16 минут, контрольную - в течение 7 минут и использовали следующие реагенты в качестве: собирателя – бутиловый ксантогенат; вспенивателя – Т-80.

Во все три перечистки добавляли жидкое стекло для депрессии минералов пустой породы.

Исследования в коллективном цикле проводились при разной степени измельчения исходной руды. Выявлено, что наилучшие показатели достигнуты при измельчении 94 % руды до класса 0,074 мм (табл. 5).

Таблица 5 – Результаты коллективной медно-молибденовой флотации в зависимости от степеней измельчения

Наименование продуктов	Выход %	Содержание%		Извлечение%		Условия опыта
		Cu	Mo	Cu	Mo	
Си-Мо концентрат	1,7	18,2	0,28	8,1	30,1	92 % кл. -0,074 мм
Промежуточ. прод. 1	9,1	0,15	0,01	0,4	5,8	

Промежуточ. прод. 2	1,7	0,3	0,013	0,3	1,4	\
Промежуточ. прод. 3	1,2	1,1	0,022	0,3	1,7	
Конц. контр.флот.	3,6	0,15	0,015	0,4	3,4	
Хвосты	82,7	0,06	0,011	2,5	57,6	
Исходная руда	100	0,40	0,016	00,0	100,0	
Си-Мо концентрат	1,7	<b>19,6</b>	<b>0,31</b>	<b>2,2</b>	<b>34,0</b>	
Промежуточ. прод. 1	9,5	0,15	0,01	,5	6,1	
Промежуточ. прод. 2	1,8	0,3	0,014	,3	1,6	
Промежуточ. прод. 3	1,3	1,1	0,024	,5	2,0	
Конц. контр.флот.	3,7	0,15	0,014	,4	3,3	
Хвосты	82	0,04	0,01	,1	52,9	
Исходная руда	100	0,41	0,016	00,0	100,0	96 % кл. -0,074 мм
Си-Мо концентрат	1,6	18,5	0,27	4,5	29,9	
Промежуточ. прод. 1	10,2	0,14	0,01	3,6	7,1	
Промежуточ. прод. 2	2,1	0,29	0,013	0,5	1,9	
Промежуточ. прод. 3	1,2	1,0	0,022	,0	1,8	
Конц. контр.флот.	2,9	0,12	0,013	,9	2,6	
Хвосты	82	0,08	0,01	6,5	56,7	
Исходная руда	100	0,40	0,014	100,0	100,0	

На рисунке 4 представлена кинетика измельчения исходной руды.

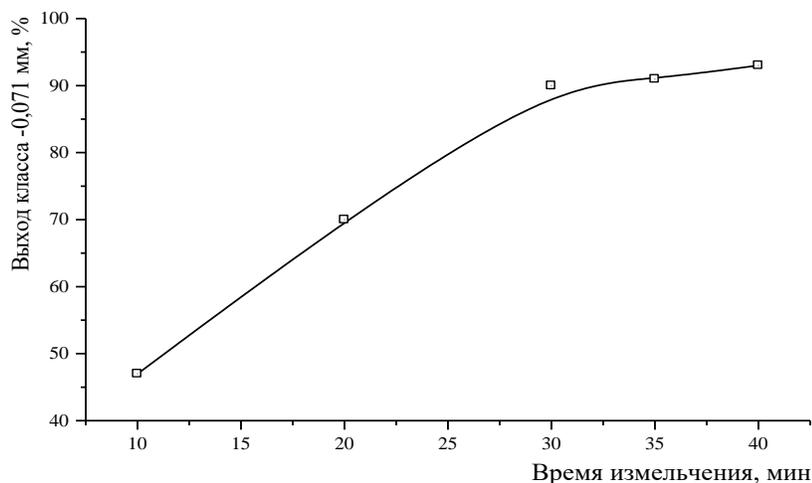


Рисунок 4 – Кинетика измельчения исходной руды

Из рисунка следует, что для получения 94 % фракций -0,074 мм класса продолжительность процесса измельчения должна составлять не менее 30 минут.

Далее определили оптимальный расход традиционного ксантогената в получении коллективного медно-молибденового концентрата. Расход ксантогената в экспериментах варьировался от 120 до 190 г/т. Результаты исследований представлены в табл. 6.

Результаты табл. 6 показывают, что оптимальным расходом традиционного ксантогената является 160 г/т. При этом получен коллективный медно-молибденовый концентрат с содержанием меди 21,3 % при извлечении 84,0 % и с содержанием молибдена 0,35 % при извлечении 37,7 %.

Далее были проведены исследования по отработке технологии селекции коллективного медно-молибденового концентрата с применением традиционных флотореагентов (на рисунке 5).

Таблица 6 – Результаты коллективной медно-молибденовой флотации с применением традиционного ксантогената

		Содержание, %	Извлечение, %	

Наименование продуктов	Выход, %	Cu	Mo	Cu	Mo	Условия опыта
Си-Мо концентрат	1,6	17,6	0,31	74,8	32,6	Традиционный ксантогенат – 120 г/т
Промежуточ. прод. 1	9,5	0,2	0,01	5,1	6,2	
Промежуточ. прод. 2	1,8	0,31	0,014	1,5	1,7	
Промежуточ. прод. 3	1,3	1,2	0,024	4,1	2,1	
Конц. контр.флот.	3,7	0,14	0,014	1,4	3,4	
Хвосты	82,1	0,06	0,01	13,1	54,0	
Исходная руда	100	0,38	0,015	100,0	100,0	
Исходная руда	100	0,41	0,016	100,0	100,0	
Си-Мо концентрат	1,6	<b>21,3</b>	<b>0,35</b>	<b>84,0</b>	<b>37,7</b>	Традиционный ксантогенат – 160 г/т
Промежуточ. прод. 1	5,3	0,16	0,01	2,1	3,6	
Промежуточ. прод. 2	1,8	0,31	0,011	1,4	1,3	
Промежуточ. прод. 3	1,2	1,0	0,021	3,0	1,7	
Конц. контр.флот.	3,8	0,12	0,013	1,1	3,3	
Хвосты	86,3	0,04	0,009	8,5	52,3	
Исходная руда	100	0,41	0,015	100,0	100,0	Традиционный ксантогенат – 190 г/т
Си-Мо концентрат	1,6	21	0,35	84,1	37,4	
Промежуточ. прод. 1	7,6	0,1	0,01	1,9	5,1	
Промежуточ. прод. 2	1,2	0,28	0,014	0,8	1,1	
Промежуточ. прод. 3	1,3	1,0	0,024	3,3	2,1	
Конц. контр.флот.	3,4	0,16	0,014	1,4	3,2	
Хвосты	84,9	0,04	0,009	8,5	51,1	
Исходная руда	100	0,40	0,015	100,0	100,0	

Из данных таблицы 7 видно, что без применения доизмельчения коллективного медно-молибденового концентрата не удастся получить молибденовый и медный концентрат удовлетворительного качества. При этом получен молибденовый концентрат с содержанием молибдена 8,0 % при извлечении 83,12 % и медный концентрат с содержанием меди 21,3 % при извлечении 27,96 %.

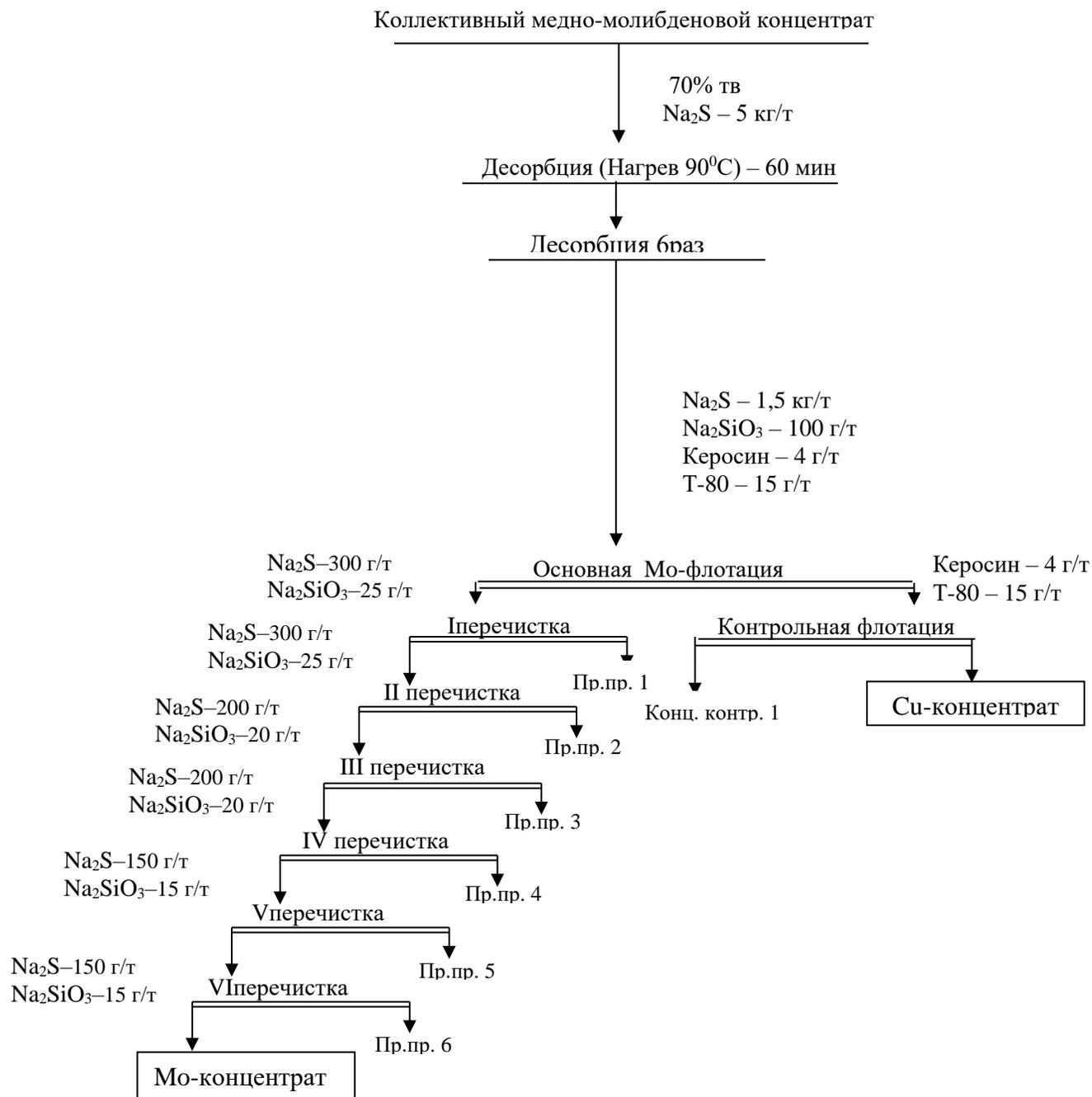


Рисунок 5 - Схема селективной флотации коллективного медно-молибденового концентрата

Далее проведены исследования с применением одnorазового доизмельчения (до 95 % класса -0,074 мм) коллективного медно-молибденового концентрата после десорбции перед основной молибденовой флотацией; второе доизмельчение (до 97 % класса -0,074 мм) проводилось после второй перечистки молибденового концентрата, а третье (до 99 % класса -0,074 мм) – после четвертой перечистки. Результаты селекции с применением одного, двух и трех доизмельчений приведены в рисунке 6 и табл. 8.

Таблица 8 - Результаты селекции коллективного медно-молибденового концентрата с применением доизмельчений

Наименование продуктов	Выход %	Содержание %		Извлечение, %		Условия опыта
		Сu	Мо	Сu	Мо	
Мо концентрат	1,6	7,3	24,0	0,58	59,63	Первое доизмельчение (до 95 % класса - 0,074 мм)
Сu продукт	56,7	21,9	0,05	61,23	4,40	
Промежут. прод. 1	8,6	17,9	0,18	7,59	2,40	
Промежут. прод. 2	14,9	17,5	1,1	12,86	25,45	
Промежут. прод. 3	4,1	18,8	0,3	3,80	1,91	
Промежут. прод. 4	2,6	19,6	0,39	2,51	1,57	
Промежут. прод. 5	2,1	21,7	0,4	2,25	1,30	
Промежут. прод. 6	2,0	22,4	0,7	2,21	2,17	
Конц. контр.флот.	7,4	19,1	0,1	6,97	1,15	
Сu-Мо концентрат	100	20,28	0,644	100	100	
Мо концентрат	0,7	2	<b>38,0</b>	0,07	<b>42,82</b>	Второе доизмельчение (до 97 % класса - 0,074 мм) проводилось после второй перечистки молибденового концентрата
Сu продукт	57,1	<b>21,7</b>	0,05	<b>60,79</b>	4,60	
Промежут. прод. 1	7,2	16,8	0,2	5,93	2,32	
Промежут. прод. 2	6,1	17,1	0,9	5,12	8,84	
Промежут. прод. 3	7,8	18,2	0,9	6,96	11,30	
Промежут. прод. 4	8,2	19,6	1,2	7,88	15,84	
Промежут. прод. 5	4,1	21,6	1,4	4,34	9,24	
Промежут. прод. 6	2,0	23,7	1,5	2,33	4,83	
Конц. контр.флот.	6,8	19,7	0,02	6,57	0,22	
Сu-Мо концентрат	100	20,38	0,621	100	100	
Мо концентрат	0,4	1,2	<b>42,6</b>	0,02	<b>27,89</b>	Третье доизмельчение (до 99 % класса -
Сu продукт	57,2	<b>21,8</b>	0,05	<b>59,63</b>	4,68	
Промежут. прод. 1	7,3	16,8	0,3	5,86	3,58	

Промежут. прод. 2	6,0	16,9	1,0	4,85	9,82	0,074 мм) – после четвертой перечистки
Промежут. прод. 3	7,4	21,3	1,1	7,54	13,32	
Промежут. прод. 4	7,1	21,8	1,3	7,40	15,11	
Промежут. прод. 5	5,2	21,9	1,8	5,45	15,32	
Промежут. прод. 6	2,9	24,8	2,1	3,44	9,97	
Конц. контр.флот.	6,5	18,7	0,03	5,81	0,32	
Си-Мо концентрат	100	20,91	0,611	100	100	

Из табл. 8 следует, что с применением одноразового доизмельчения получен молибденовый концентрат с содержанием молибдена 24,0 % при извлечении 59,63 % и медный концентрат с содержанием меди 21,9 % при извлечении 61,23 %.

С применением двух доизмельчений - молибденовый концентрат с содержанием молибдена 38,0 % при извлечении 42,82 % и медный концентрат с содержанием меди 21,7 % при извлечении 60,79 %. Третье доизмельчение приводит к ошламованию молибденита, что ухудшает селекцию меди и молибдена.

Таблица 9 – Результаты селекции коллективного медно-молибденового концентрата по базовой технологии в зависимости от расхода керосина

Наименование продуктов	Выход %	Содержание, %		Извлечение, %		Условия опыта
		Mo	Cu	Mo	Cu	
Mo концентрат	0,6	1,8	39,6	0,05	37,46	Керосин 2 г/т
Cu продукт	75,1	21,3	0,2	79,21	23,68	
Промежут. прод. 1	3,5	9,6	0,3	1,66	1,66	
Промежут. прод. 2	3,8	14,8	1,2	2,78	7,19	
Промежут. прод. 3	4,6	18,9	1,3	4,31	9,43	
Промежут. прод. 4	3,1	19,4	1,3	2,98	6,35	
Промежут. прод. 5	2,7	20,6	1,5	2,75	6,38	
Промежут. прод. 6	1,8	21,6	1,7	1,93	4,82	
Конц. контр.флот.	4,8	18,2	0,4	4,33	3,03	
Си-Мо концентрат	100	20,19	0,634	100	100	
Mo концентрат	0,7	2,0	<b>38,0</b>	0,07	<b>50,16</b>	Керосин 4 г/т
Cu продукт	68,6	<b>22,3</b>	0,05	<b>73,14</b>	6,47	
Промежут. прод. 1	5,3	12,6	0,2	3,19	2,00	
Промежут. прод. 2	5,1	16,9	0,9	4,12	8,66	
Промежут. прод. 3	4,6	19,4	0,9	4,27	7,81	
Промежут. прод. 4	3,6	20,1	1,2	3,46	8,15	

Промежут. прод. 5	3,3	21,6	1,5	3,41	9,34	Керосин 6 г/т
Промежут. прод. 6	2,0	23,7	1,9	2,27	7,17	
Конц. контр.флот.	6,8	18,7	0,02	6,08	0,26	
Си-Мо концентрат	100	20,92	0,530	100	100	
Мо концентрат	1,5	8,6	20,1	0,64	43,52	
Си продукт	45,4	21,3	0,05	47,80	3,28	
Промежут. прод. 1	9,3	14,6	0,1	6,71	1,34	
Промежут. прод. 2	8,2	17,9	0,7	7,26	8,28	
Промежут. прод. 3	8,5	20,1	0,9	8,45	11,04	
Промежут. прод. 4	10,2	21,5	1,1	10,84	16,19	
Промежут. прод. 5	5,1	23,6	1,2	5,95	8,83	
Промежут. прод. 6	3,6	24,8	1,4	4,41	7,27	
Конц. контр.флот.	8,2	19,6	0,02	7,94	0,24	
Си-Мо концентрат	100	20,23	0,693	100	100	

Таким образом, отработаны условия получения селективных концентратов меди и молибдена из руды месторождения Актогай по стандартной технологии.

Далее были проведены исследования селекции медно-молибденового концентрата с применением смеси дизельного топлива и нефти Кумкольского месторождения (дизельное топливо:нефть = 1:1) в зависимости от расхода модифицированного флотореагента в сравнении с базовой технологией (с керосином). Полученные результаты представлены в табл.10.

Таблица 10 – Результаты селекции коллективного медно-молибденового концентрата в зависимости от расхода модифицированного флотореагента

Наименование продуктов	Выход, %	Содержание, %		Извлечение, %		Условия опыта
		Cu	Mo	Cu	Mo	
Мо концентрат	0,7	2,0	<b>38,0</b>	0,07	<b>50,16</b>	Керосин – 4 г/т
Си продукт	68,6	<b>22,3</b>	0,05	<b>73,14</b>	6,47	
Промежут. прод. 1	5,3	12,6	0,2	3,19	2,00	
Промежут. прод. 2	5,1	16,9	0,9	4,12	8,66	
Промежут. прод. 3	4,6	19,4	0,9	4,27	7,81	
Промежут. прод. 4	3,6	20,1	1,2	3,46	8,15	
Промежут. прод. 5	3,3	21,6	1,5	3,41	9,34	
Промежут. прод. 6	2,0	23,7	1,9	2,27	7,17	
Конц. контр.флот.	6,8	18,7	0,02	6,08	0,26	
Си-Мо концентр.	100	20,92	0,53	100	100	

Мо концентрат	0,8	1,8	38,1	0,07	49,23	МФ (дизельное топливо: нефть = 1:1) - 2 г/т
Си продукт	69,1	22,7	0,09	73,62	10,05	
Промежут. прод. 1	4,9	13,4	0,3	3,08	2,37	
Промежут. прод. 2	4,7	17,5	0,7	3,86	5,31	
Промежут. прод. 3	4,3	20,1	1,2	4,06	8,33	
Промежут. прод. 4	3,9	21,3	1,3	3,90	8,19	
Промежут. прод. 5	3,1	22,6	1,6	3,29	8,01	
Промежут. прод. 6	1,8	23,9	2,1	2,02	6,11	
Конц. контр.флот.	7,4	17,6	0,2	6,11	2,39	
Си-Мо концентр.	100	21,31	0,619	100	100	
Мо концентрат	0,8	1,9	<b>38,7</b>	0,07	<b>52,96</b>	МФ (дизельное топливо: нефть = 1:1) - 3 г/т
Си продукт	68,9	<b>22,9</b>	0,05	<b>75,34</b>	5,89	
Промежут. прод. 1	5,1	11,6	0,3	2,82	2,62	
Промежут. прод. 2	5	14,8	0,9	3,53	7,70	
Промежут. прод. 3	4,7	18,2	1,1	4,08	8,84	
Промежут. прод. 4	3,2	19,6	1,2	2,99	6,57	
Промежут. прод. 5	3,0	21,3	1,5	3,05	7,70	
Промежут. прод. 6	2,3	24,7	1,9	2,71	7,48	
Конц. контр.флот.	7,0	16,1	0,02	5,38	0,24	
Си-Мо концентр.	100	20,94	0,585	100	100	
Мо концентрат	0,9	2,3	34,3	0,10	48,99	МФ (дизельное топливо: нефть = 1:1)– 4 г/т
Си продукт	66,3	21,4	0,05	70,79	5,26	
Промежут. прод. 1	6,2	10,6	0,3	3,28	2,95	
Промежут. прод. 2	5,7	15,8	1,0	4,49	9,05	
Промежут. прод. 3	5,1	17,9	1,1	4,55	8,90	
Промежут. прод. 4	3,8	19,6	1,3	3,72	7,84	
Промежут. прод. 5	3,7	20,3	1,7	3,75	9,98	
Промежут. прод. 6	1,8	24,6	2,1	2,21	6,00	
Конц. контр.флот.	6,5	21,9	0,1	7,10	1,03	
Си-Мо концентр.	100	20,04	0,630	100	100	

Из таблицы следует, что оптимальным расходом модифицированного флотореагента является 3 г/т. При этом получен молибденовый концентрат с содержанием молибдена 38,7 % при извлечении 52,9 %. По сравнению с базовой технологией, с применением керосина, содержание молибдена и меди в концентрате увеличилось на 0,6 – 0,7 %, извлечение молибдена и меди в концентрат - на 2,2 – 2,8 %.

### **Выводы**

Коллективный медно-молибденовый концентрат из руды месторождения Актогай проводилась по технологическому режиму, включающему измельчение в шаровой мельнице и флотацию во флотомашинах объемом камер 3,0; 1,0; 0,5; 0,25; 0,15; 0,1 дм<sup>3</sup> с применением традиционного ксантогената.

В цикле коллективной медно-молибденовой флотации проводились опыты по выявлению оптимальной степени измельчения руды и реагентного режима, необходимого для получения медно-молибденового концентрата.

Для проведения технологических исследований проба руды дробилась на лабораторной щековой дробилке и измельчалась в лабораторной шаровой мельнице.

Схема коллективной медно-молибденовой флотации руды месторождения Актогай представлена на рисунке 3. Цикл состоял из основной и контрольной коллективной медно-молибденовой флотации и трех перечисток коллективного медно-молибденового концентрата.

### **3 Укрупненно-лабораторные испытания апольярного собирателя для переработки медно-молибденовой руды**

Проведены укрупненно-лабораторные испытания технологии селекции коллективного медно-молибденового концентрата, полученного из руды месторождения Актогай, согласно стандартной технологии (рисунок 7), с применением модифицированного флотореагента (дизельное топливо: нефть = 1:1).

### 3.1 Схема технологическая медно-молибденового концентрата

Стандартная технологическая схема испытаний включала измельчение исходной руды до крупности 94 % класса -0,074 мм, коллективную флотацию с получением медно-молибденового концентрата, его десорбцию.

Результаты укрупненно-лабораторных испытаний представлены в таблице 11.

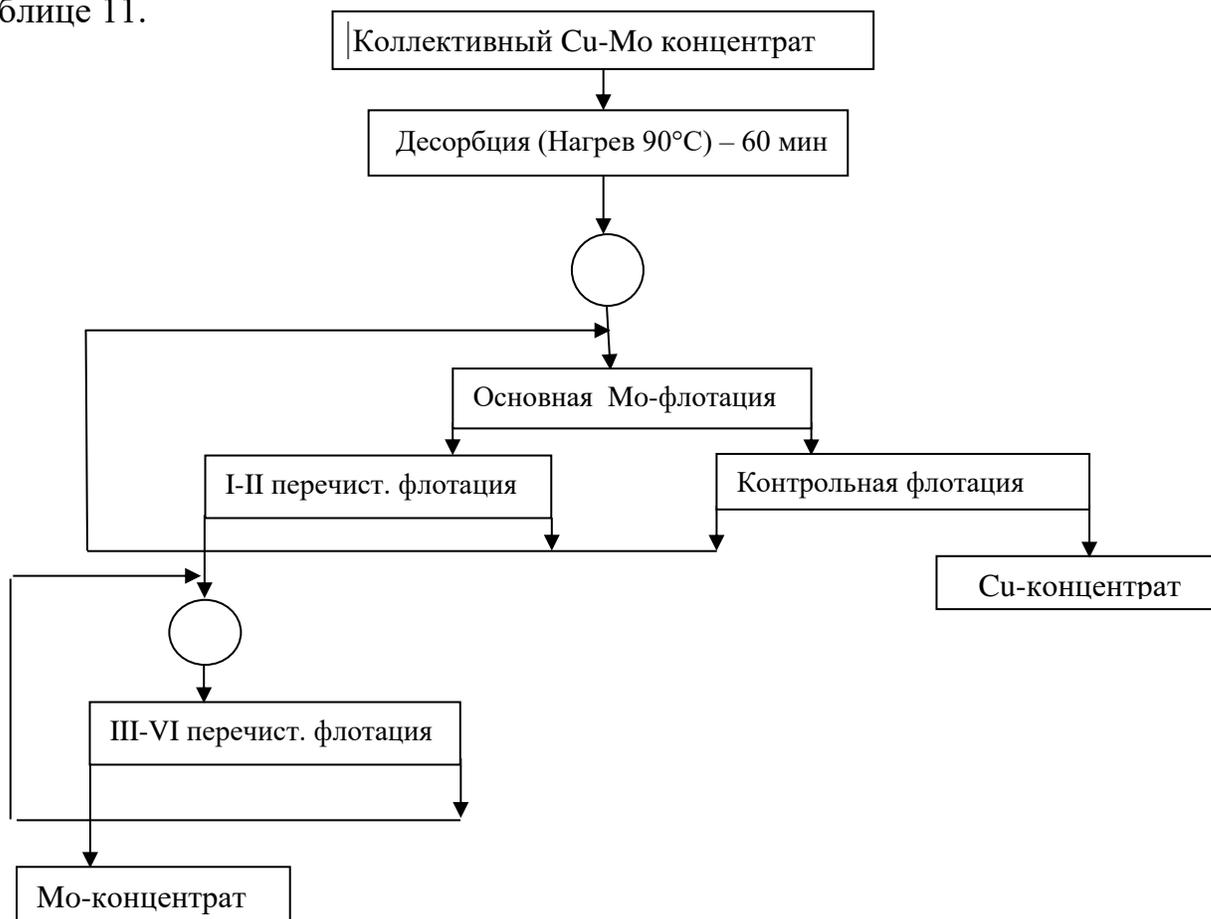


Рисунок 7 – Принципиальная технологическая схема селективной флотации коллективного медно-молибденового концентрата руды месторождения Актогай с применением модифицированного флотореагента.

В цикле селективной флотации медно-молибденового концентрата применяли основную, контрольную флотации и шесть перечисток молибденового концентрата. Кроме того, в ходе селективной флотации использовали две стадии доизмельчения. Первая стадия включала доизмельчения 95 % - 0,074 мм класса, вторая – 98 % - 0,074 мм класса.

Таблица 11 - Результаты флотации коллективного медно-молибденового концентрата руды в замкнутом цикле в сравнении с базовой технологией

Название пробы	Выход %	Содержание, %		Извлечение, %		Условия опыта
		Cu	Mo	Cu	Mo	
Mo концентрат	1,3	3,6	<b>35,0</b>	0,23	<b>76,71</b>	Керосин 4 г/т
Cu концентрат	98,7	<b>20,6</b>	0,14	<b>99,77</b>	23,29	
Mo- Cu колл конц	100	20,38	0,59	100	100	
Mo концентрат	1,2	2,7	<b>38,6</b>	0,16	<b>82,42</b>	МФ– 3 г/т
Cu концентрат	98,8	<b>20,6</b>	0,1	<b>99,84</b>	17,58	
Mo- Cu колл конц	100	20,39	0,56	100	100	

Из табл. 11 видно, что при селективной флотации в замкнутом цикле с применением базового аполярного собирателя керосина получен молибденовый концентрат с содержанием молибдена 35,0 % при извлечении 76,71 % и медный концентрат с содержанием меди 20,6 % при извлечении 99,77 %. При флотации с применением модифицированного флотореагента получен медный концентрат с содержанием меди 20,6 % при извлечении 99,84 % и молибденовый концентрат с содержанием молибдена 38,6 % при извлечении 82,42 %.

Таким образом, на основании укрупнено-лабораторных испытаний показана возможность применения модифицированного флотореагента на основе нефти Кумкольского месторождения и дизельного топлива для селективной флотации коллективного медно-молибденового концентрата руды месторождения Актогай.

В процессе переработки медно-молибденовой руды с применением модифицированного реагента позволяет повысить извлечение молибдена в молибденовый концентрат на 5,7%.

### ***Выводы***

Исучалось влияние температуры на процесс селекции коллективного медно-молибденового концентрата при выбранном расходе сернистого натрия 25 кг/т. Температура в процессе селективной флотации варьировалась от 25 до 80<sup>0</sup>С. Результаты селективного разделения коллективного медно-молибденового концентрата по базовой технологии зависит от разной температуры.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Физико-химическими исследованиями исходной руды месторождения Актогай показано, что вмещающая порода представлена кварцем, альбитом, аноритом и клинохором, в меньших количествах присутствуют глаголевит, графит, иллит, фиррит, нефелин, мусковит. Основное количество молибдена представлено молибденитом.

По результатам химического анализа в исходной пробе руды содержится 0,009 % молибдена; 0,4 % меди; 0,58 % серы; 5,2 % железа; 4,6 % CaO; 16,5 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 55,7 % SiO<sub>2</sub>; 4,6 % MgO; 0,27 % Ti. В ходе исследований проведен гранулометрический анализ исходной руды, который показал, что около 50,1 % меди и 46,7 % молибдена в исходной руде находится в классах -2,5+0,5 мм.

При более глубоком измельчении руды (до 90 % класса -0,074 мм) выявлено, что большая часть меди и молибдена (75-77 %) распределяется по классам +50 мкм и -20 мкм. В классе крупности + 50 мкм содержится 33,0 % меди и 41,0 % молибдена; в классе -20 мкм находится 42,1 % меди и 36,0 % молибдена.

Исследована коллективная медно-молибденовая флотация и установлены оптимальные условия с применением стандартной технологической схемы и традиционных флотореагентов. Коллективный цикл состоял из основной, контрольной коллективной медно-молибденовой флотации и трех перечисток коллективного медно-молибденового концентрата.

Проведена селективная флотация меди и молибдена с использованием, в сравнении, традиционного и модифицированного флотореагентов. Цикл селекции включал десорбцию коллективного концентрата методом пропарки с сернистым натрием при температуре 85-90°C, отмывку, основную, контрольную молибденовую флотацию и шесть перечисток молибденового концентрата. В качестве собирателя применяли керосин, депрессора – сернистый натрий и жидкое стекло, вспенивателя – Т-80.

Установлено, что применение модифицированного флотореагента на основе нефти Кумкольского месторождения и дизельного топлива позволяет увеличить извлечение ценных компонентов на 2,2 – 2,8 %. Увеличение содержания меди и молибдена в концентратах составляет около 1,0%.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Абрамов А.А. Технология обогащения окисленных и смешанных руд цветных металлов.- М.: Недра, 1986.- 302 с.
- 2 Абрамов А.А., Леонов С.Б., Сорокин М.М. Химия флотационных систем.- М.: Недра, 1983.-312 с.
- 3 Абрамов А.А. Переработка, обогащение и комплексное использование твердых полезных ископаемых // М.: изд. МГГУ. -2004. -510 с.
- 4 Асончик К.М., Чаплыгин А.М. Испытания нового режима обогащения медно-молибденовых руд на Алмалыкском комбинате //Обогащение руд. - 2000.- № 2.- С.12-14.
- 5 Баатархуу Ж. Влияние генетико-морфологических особенностей молибденита в технологии переработки руд на ОФ «Эрдэнэт» //Материалы международной конференции по переработке медно-молибденовых руд. Улаанбаатар, 2005. -С. 231-234.
- 6 Десятов А.М., Херсонский М.И., Сатаев И.Ш. Освоение беспропарочной технологии флотации руд месторождения «Эрдэнэтийн-Овоо» с применением селективных собирателей //Сб. докл. Науч. практ. конф., Эрдэнэт, 2001. - С.124- 134.
- 7 Давааням С., Сатаев И.Ш., Карнаухов С.Н., Десятов А.М., Херсонский М.И. Технология обогащения медно-молибденовых руд с применением собирателя S-703G //Цветные металлы.- 2000. - № 8. - С.68-70.
- 8 Десятов А.М., Херсонский М.И., Баатархуу Ж., Карнаухов С.Н. Совершенствование технологии обогащения медно-молибденовых руд месторождения «Эрдэнэтийн-Овоо» (Монголия) в условиях изменения вещественного состава руды //Материалы семинара № 25 симпозиума «Неделя горняка-2007».- С. 217-249.
- 9 Liu Guang-yi, Lu Yi-ping, Zhong Hong, Cao Zhan-fang, Xu Zheng-he Novel approach for preferential flotation recovery of molybdenite from a porphyry copper-molybdenum ore //Minerals Engineering.- 2012 (36-38).- P.12-31.
- 10 Bocharov V.A., Khachatryan L.S., Ignatkina V.A. and Baatarkhuu Zh. Modified reagent mode in porphyry copper-molybdenum ore flotation //Journal of Mining Science.- 2008.-Vol. 44.- No.1.- P.94-106.
- 11 Berkova O.N., Levkovskaya G.G. and Mirskova A.N. Effective reagents for collective flotation of copper-molybdenum ores //Journal of Mining Science.- 1997.-Vol.33.- No.3.- P.214-218.

14 Triffet B., Veloo C., Adair B., Bradshaw D. An investigation of the factors affecting the recovery of molybdenite in the Kennecott Utah Copper bulk flotation circuits //Minerals Engineering.- 2008. – V.21. – P.832-840.

15 Castro S., Rioseco P. and Laskowski J.S. Depression of molybdenite in sea water //XXVI International Mineral Processing Congress (IMPC 2012) September 24-28, 2012, New Delhi, India.- Paper N.741.

16 Gaydardzhiev S., Bouchat H., Dedelyanova K. and Voutov Tz. Influence of selected parameters on the flotation of Cu-Mo ore from Ellatzite deposit in Bulgaria use //XXVI International Mineral Processing Congress (IMPC 2012) September 24-28, 2012, New Delhi, India.- Paper N.272.

17. Информация на сайте  
[https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D1%87%D1%8C\\_%D0%92%D0%B0%D0%BD%D1%8E%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B0](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D1%87%D1%8C_%D0%92%D0%B0%D0%BD%D1%8E%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B0)

18. Информация на сайте <https://www.isamill.com/ru/isamill-advantages/Pages/Improved-Flotation-Recovery.aspx>

19. Информация на сайте <http://www.jamesoncell.com>

20. Разумов К.А., Перов В.А. Проектирование обогатительных фабрик. – М.: Недра, 1982.

21. Справочник по проектированию рудных обогатительных фабрик. Книга 1. – М.: Недра, 1988.

22. Справочник по обогащению руд. Подготовительные процессы. – М.: Недра, 1982.

23. Справочник по обогащению руд. Обогатительные фабрики. – М.: Недра, 1984.

24. Перов В.А., Андреев Е.Е., Биленко Л.Ф. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых. Справочник по обогащению руд – М.: Недра, 1980.

25. Информация на сайте <https://studfile.net/preview/7319038/page:8/>





МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН  
СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

**РЕЦЕНЗИЯ**  
на магистерскую диссертацию

Нұрдан Мөлдір Еркінқызы

по специальности 7М07223 - Обогащение полезных ископаемых

На тему: «Усовершенствование технологии флотации медно-молибденовой руды Актогайского месторождения с применением модифицированных реагентов».

Выполнено:

- а) графическая часть на 32 листах  
б) пояснительная записка на 9 страницах

Трудности обогащения молибденовых руд обусловлены не столько низким содержанием молибдена в них, сколько степенью окисления молибденита и сложностью их вещественного состава, в частности, присутствием значительного количества глинистых минералов. Традиционные технологические схемы не могут обеспечить эффективную переработку труднообогатимых молибденовых руд, поэтому проблема изыскания новых технологических методов и схем их обогащения становится весьма актуальной.

*Новизной исследования является обоснование выбора новых модифицированных реагентов и изучение их коллоидно-химических флотационных свойств для интенсификации флотации медно-молибденовой руды Актогайского месторождения.*

Модифицированные реагенты для извлечения меди и молибдена были получены из местного сырья – в виде ультрадисперсной эмульсии, состоящей из смеси отечественной нефти и дизельного топлива.

Проведена селективная флотация меди и молибдена с использованием, в сравнении, традиционного и модифицированного флотореагентов. Цикл селекции включал десорбцию коллективного концентрата методом пропарки с сернистым натрием при температуре 85-90°C, отмывку, основную, контрольную молибденовую флотацию и шесть перечисток молибденового концентрата. В качестве собирателя применяли керосин, депрессора – сернистый натрий и жидкое стекло, вспенивателя – Т-80.

Показано, что оптимальным расходом модифицированного флотореагента является 3 г/т. При этом получен молибденовый концентрат с содержанием молибдена 38,7 % при извлечении 52,9 %. По сравнению с базовой технологией, с применением керосина, содержание молибдена и меди в концентрате увеличилось на 0,6 – 0,7 %, извлечение молибдена и меди в концентрат - на 2,2 – 2,8 %.

По результатам выполненных работ опубликован доклад на Сатпаевском чтении в 2021 году.

**ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ**

В работе подробно рассмотрено коллоидно-химические и флотационные свойства модифицированных реагентов. Однако не полностью освещен механизм действия модифицированных реагентов на интенсификацию флотации медно-молибденовой руды Актогайского месторождения. Имеются некоторые ошибки редакционного и стилистического характера.

**Оценка работы**

Магистерская работа Нұрдан М.Е. по объему и качеству выполненных экспериментальных работ соответствует требованию к магистерским диссертациям. А ее автор Нұрдан М.Е. вполне достойна присуждению степени магистра по специальности 7М07223 – обогащение полезных ископаемых. Оценка 92%.



Джумадилов Т.К.

Главный научный сотрудник лаборатории синтеза

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Список опубликованных работ по теме диссертаций

1. Муханова А.А., Нұрдан М.Е. Особенности флотации бедной медно-молибденовой руды месторождения Актогай с применением композиционных реагентов //Сатпаевские чтения – 2021

---

**"САТПАЕВ ОҚУЛАРЫ - 2021"**

**СӘТПАЕВ ОҚУЛАРЫНЫҢ**

**ЕҢБЕКТЕРІ**

**I Том**

**ТРУДЫ**

**САТПАЕВСКИХ ЧТЕНИЙ**

**"САТПАЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ - 2021"**

**Том I**

**PROCEEDINGS**

**SATPAYEV'S READINGS**

**"SATPAYEV READINGS - 2021"**

**I volume**

Нурдан М.Е., Муханова А.А. Особенности флотации бедной медно-молибденовой руды месторождения Актогай с применением композиционных реагентов	985
Нургалым Е.Н. Влияние ингибитора отложения солей на процессы выщелачивание и переработки при ПСВ урана	989
Омар Р.С., Телков Ш.А., Мотовилов И.Ю. Темірқұрамды кендердің гравитациялық байыту технологиясын зерттеу	993
Пернебеков Б.А. Исследования применения аммиачной воды в качестве реагента осадителя	997
Шаутенов М.Р., Акказина Н.Т., Ералиев А.А., Кошер Г.К. Вопросы золотосности углей и продуктов их сгорания	1001

УДК 622.765.06

<sup>1</sup>М.Е. Нурдан, <sup>2</sup>А.А. Муханова  
 Научный руководитель: <sup>3</sup>Турсунбаев Н.К. канд. тех. наук, д.т.н., профессор, м.п.н.-к.р. КИИХИЕН  
<sup>4</sup>Satbayev University, г. Алматы, Казахстан  
<sup>5</sup>АО «Институт металлургии и обогащения», г. Алматы, Казахстан

**ОСОБЕННОСТИ ФЛОТАЦИИ БЕДНОЙ МЕДНО-МОЛИБДЕНОВОЙ РУДЫ МЕСТОРОЖДЕНИЯ АКТОГАЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПОЗИЦИОННЫХ РЕАГЕНТОВ**

**Аннотация.** Выбран индивидуальный селективный реагент, состоящий из смеси коллекционного концентрата ТС-1000 и композиционного аэрофлота в массовом соотношении 1:1,2. Проведены лабораторные испытания обогащения руды месторождения Актогай. В биномиальном режиме получены коллекционный медно-молибденовый концентрат с содержанием меди 20,38 % при извлечении 86,11 % и с содержанием молибдена 6,593 % при извлечении 71,11 %. С драгированным коллекционным собирателем медный концентрат с содержанием меди 22,41 % при извлечении 90,32 % и с содержанием молибдена 6,615 % при извлечении 73,45 %. Коллекционный собиратель повышает, по сравнению с бутилированным концентратом, извлечение извлечения в коллекционный медно-молибденовый концентрат меди – на 4,21 %, молибдена – на 4,34 %. При этом содержание меди в коллекционном концентрате увеличивается на 1,83 %, с 20,38 до 22,41 %. Расход коллекционного собирателя, по сравнению с бутилированным концентратом, сокращается в семь раз, со 140 до 20 г/т.

**Ключевые слова:** медно-молибденовая руда, флотация, концентрат, молибден, медно-молибденовый концентрат, коллекционный собиратель.



русский

## Протокол анализа Отчета подобия Научным руководителем

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

**Автор:** Нурдан Мөлдір Еркінқызы

**Название:** Усовершенствование технологии флотации медно-молибденовой руды Актогайского месторождения с применением модифицированных реагентов

**Координатор:** Несипбай Тусупбаев

**Коэффициент подобия 1:** 1.6

**Коэффициент подобия 2:** 0.4

**Замена букв:** 8

**Интервалы:** 0

**Микропробелы:** 4

**Белые знаки:** 0

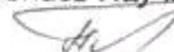
**После анализа Отчета подобия констатирую следующее:**

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

**Обоснование:** Обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите.

.....  
Дата

.....  
Подпись Научного руководителя



## Протокол анализа Отчета подобия

заведующего кафедрой / начальника структурного подразделения

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

**Автор:** Нурдан Мөлдiр Еркінқызы

**Название:** Усовершенствование технологии флотации медно-молибденовой руды Актогайского месторождения с применением модифицированных реагентов

**Координатор:** Несипбай Тусупбаев

**Коэффициент подобия 1:1.6**

**Коэффициент подобия 2:0.4**

**Замена букв:8**

**Интервалы:0**

**Микропробелы:4**

**Белые знаки:0**

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

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

**Обоснование:**

..... Работа выполнена добросовестно и не обладает  
..... признаками плагиата.  
.....

Дата

Подпись заведующего кафедрой /

начальника структурного подразделения

Окончательное решение в отношении допуска к защите, включая обоснование:

Магистерская диссертация Нуреев М.Е. является  
самостоятельной работой. Общественное задание  
является добросовестным и не обременяет трудовыми  
обязательствами.  
Допуск к защите

Зав. каф. МНОПН Тюрченко И.И.

Подпись заведующего кафедрой

Дата

14-06-2021

начальника структурного подразделения



## Метаданные

Название

Усовершенствование технологии флотации медно-молибденовой руды Актагайского месторождения с применением модифицированных реагентов

Автор

Нурдан Мәждір Еркінқызы

Научный руководитель

Несипбай Тусупбаев

Подразделение

ИММПИ

## Список возможных попыток манипуляций с текстом

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

Замена букв		8
Интервалы		0
Микропробелы		4
Белые знаки		0
Парафразы (SmartMarks)		19

## Объем найденных подобий

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



## Подобия по списку источников

Посмотрите список и проанализируйте, в соответствии ли форматы, даты и названия КТМ? (используйте и другие функции) Методы работы

7	<a href="https://bulletin.chemistry.kz/index.php/kaznu/article/download/688/605/">https://bulletin.chemistry.kz/index.php/kaznu/article/download/688/605/</a>	12	0.07 %
8	<a href="https://bulletin.chemistry.kz/index.php/kaznu/article/download/688/605/">https://bulletin.chemistry.kz/index.php/kaznu/article/download/688/605/</a>	11	0.07 %
9	<a href="https://bulletin.chemistry.kz/index.php/kaznu/article/download/688/605/">https://bulletin.chemistry.kz/index.php/kaznu/article/download/688/605/</a>	11	0.07 %
10	<a href="https://bulletin.chemistry.kz/index.php/kaznu/article/download/688/605/">https://bulletin.chemistry.kz/index.php/kaznu/article/download/688/605/</a>	11	0.07 %

из базы данных RefBooks (0.00 %) 

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

из домашней базы данных (0.00 %) 

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

из программы обмена базами данных (0.10 %) 

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)	
1	Организация и управление внутренним аудитом в организации Олжас Шалабаев 4/26/2020 Turan University (TU) (М - Учет и аудит)	17 (3)	0.10 %

из интернета (1.47 %) 

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	ИСТОЧНИК URL	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)	
1	<a href="https://bulletin.chemistry.kz/index.php/kaznu/article/download/688/605/">https://bulletin.chemistry.kz/index.php/kaznu/article/download/688/605/</a>	235 (20)	1.43 %
2	<a href="https://coas.ac.uk/download/pdf/143993583.pdf">https://coas.ac.uk/download/pdf/143993583.pdf</a>	6 (1)	0.04 %

Список принятых фрагментов (нет принятых фрагментов)

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

