

2021-107

W

**Институт геомеханики и освоения недр Национальной академии наук Кыргызской
Республики**

Жалял-Абадский государственный университет

Диссертационный совет Д 25.19.587

На правах рукописи

УДК: 622.06:552.331.4 (043)

Муханова Айнура Айтказыновна

**Совершенствование технологии переработки полиметаллических
и медно-молибденовых руд с применением модифицированных
флотореагентов**

25.00.13 – обогащение полезных ископаемых

**Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Бишкек – 2021

Работа выполнена в лаборатории «Флотореагентов и обогащения» АО «Институт металлургии и обогащения» МОН РК, г. Алматы.

Научный руководитель: Тусупбаев Несипбай Куандыкович
доктор технических наук, член-корр. КазНАЕН, заведующий лабораторией Флотореагентов и обогащения АО «Институт металлургии и обогащения» Республики Казахстан.

Официальные оппоненты: Пирматов Эшмурат Азимович
доктор технических наук, профессор, академик Евразийской Академии Горных Наук, заместитель директора по науке, руководитель научно-технологического центра редких металлов и твердых сплавов АО «Алмалыкский ГМК».

Кожонов Алмаз Кыргызбаевич
кандидат технических наук, зав. кафедрой «Металлургия и металлургические процессы» Кыргызского государственного университета геологии, горного дела и освоения природных ресурсов им. академика У. Асаналиева.

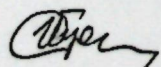
Ведущая организация: РГП «Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан», г. Алматы, ул. Жандосова 67.

Защита диссертации состоится « 30 » апреля 2021 г. в 14⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 25.19.587 по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора (кандидата) технических наук при Институте геомеханики и освоения недр НАН КР и Жалал-Абадском государственном университете по адресу: 720055, г. Бишкек, ул. Медерова, 98, конференц-зал научной библиотеки. Идентификационный код онлайн трансляции защиты диссертации: <https://vc.vak.kg/b/25--bzb-g7g-7ps>.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеках Института геомеханики и освоения недр НАН КР по адресу: 720055, г. Бишкек, ул. Медерова, 98 и Жалал-Абадского государственного университета по адресу: 715600, г. Жалал-Абад, ул. Ленина, 57, на сайте Института: <https://igion.megaline.kg/> и на сайте ВАК КР: <http://vak.kg/>.

Автореферат разослан « 27 » марта 2021 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
к.ф.-м.н., доцент



Исаева Г.С.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации. Основой экономики Казахстана является горно-металлургический комплекс, который играет важную, а по ряду отраслей – стратегическую роль не только в Казахстане, но и мире. По добыче и производству отдельных видов минерально-сырьевой продукции (цинк, свинец, медь) Казахстан входит в десятку ведущих мировых производителей.

Как правило, в технологии получения цветных металлов основной операцией, определяющей степень их извлечения, является флотационное обогащение. Используемые в технологическом цикле флотореагенты производятся за рубежом, что усиливает импортную зависимость государства.

С другой стороны, запасы высококачественного сырья в республике год от года сокращаются, возрастает доля труднообогатимых и низкосортных руд, что приводит к снижению показателей флотации, а в некоторых случаях делает невозможным использования традиционных (классических) технологий обогащения.

В этой связи, актуальным направлением научно-технологического развития отрасли является совершенствование технологий обогащения руд цветных и редких металлов в целом, а синтез новых флотореагентов на основе дешевого отечественного сырья и применение их в процессе извлечения полезных ископаемых – один из вариантов модернизации способа флотации.

В связи с этим в диссертационной работе представлены результаты исследований способов синтеза и апробации новых модифицированных флотореагентов на основе местного техногенного сырья, которые позволяют сократить расход, повысить качество и выход коллективных и селективных концентратов при переработке низкосортного и труднообогатимого полиметаллического и медно-молибденового сырья.

Связь темы диссертации с научными программами, темами

Работа выполнялась в соответствии с Программой целевого финансирования: «Научно-технологическое обоснование развития редкометалльной отрасли в Казахстане на 2011 – 2014 гг.», Грантового финансирования научных исследований на 2015 - 2017 гг., по теме: «Усовершенствование технологии флотации полиметаллических медно-свинцово-цинковых руд с использованием композиционных реагентов».

Цель работы: Целью диссертационной работы является разработка технологии переработки полиметаллических и медно-молибденовых руд с использованием модифицированных флотореагентов на основе отечественного сырья.

Задачи исследований:

- установить состав сивушного масла Айдабульского спиртового завода, как исходного сырья для синтеза модифицированных флотореагентов;

- разработать методику синтеза и изучить физико-химические свойства синтезированных собирателей;

- установить физико-химические особенности нефти Кумкольского месторождения и дизельного топлива - и обосновать выбор исходных компонентов для формирования аполярного собирателя на их основе;

- определить оптимальные условия подготовки эмульсий аполярного собирателя на основе смеси нефти и дизельного топлива;

- установить закономерности взаимодействия полученных модифицированных флотореагентов с мономинералами исходного сырья;

- разработать и апробировать технологии переработки полиметаллических руд Артемьевского и медно-молибденовых Актогайского месторождений с применением новых модифицированных флотореагентов.

Научная новизна работы:

Сформулированы основные принципы мотивации использования сивушного масла, как техногенного сырья, для получения новых эффективных модифицированных флотореагентов.

Разработаны методы синтеза модифицированных собирателей, которые позволяют интенсифицировать процесс обогащения сульфидных полиметаллических руд путем увеличения извлечения свинца, цинка и меди в коллективно-селективные концентраты.

Установлено взаимодействие мономинералов сульфидного сырья с модифицированным ксантогенатом в определенном диапазоне значений pH посредством химической сорбции. Разная степень флотуемости мономинералов при использовании модифицированного ксантогената в данном диапазоне значений pH может стать основой для их разделения при флотации.

Обоснована и подтверждена возможность использования сформированной смеси Кумкольской нефти и дизельного топлива после ультразвуковой активации в качестве аполярного собирателя при флотации медно-молибденовой руды, обеспечивающая увеличение извлечения молибдена. Новизна полученных результатов подтверждается двумя инновационными патентами РК.

Практическая и экономическая значимость полученных результатов

В результате выполненных исследований разработаны способы получения модифицированных флотореагентов на основе сивушного масла Айдабульского спиртового завода, а также смеси нефти Кумкольского месторождения и дизельного топлива, которые прошли проверку в условиях флотации руд месторождений Артемьевское и Актогай. Реализация апробированных технологий с использованием модифицированных флотореагентов позволит увеличить извлечение свинца, цинка и меди в коллективно-селективные концентраты при переработке полиметаллических руд на 1,6 – 4,5 % и извлечение молибдена в молибденовый концентрат при переработке медно-молибденовых руд в среднем на 2,5 %.

Проведен предварительный технико-экономический расчет технологии переработки полиметаллических и медно-молибденовых руд месторождений Артемьевское и Актогай с применением модифицированных флотореагентов.

Экономический эффект от использования модифицированного ксантогената на основе СМ Айдабульского спиртового завода при переработке 1 млн. т. руды в год составит: 299 104 \$ (25,125 млн. сом).

Ориентировочная прибыль производства от применения модифицированного флотореагента на основе смеси Кумкольской нефти и дизельного топлива (по меди и молибдену) составит 36 000 \$ (3,024 млн. сом).

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

- разработанная методика синтеза модифицированного ксантогената и модифицированного аэрофлота на основе физико-химических исследований исходного сырья - сивушного масла Айдабульского спиртового завода;

- разработанный способ формирования аполярного собирателя на основе результатов физико-химических исследований нефти Кумкольского месторождения и дизельного топлива,

- физико-химические закономерности взаимодействия полученных модифицированных флотореагентов с мономинералами исходного сырья;

- разработанные и апробированные технологии переработки полиметаллических руд Артемьевского и медно-молибденовых Актогайского месторождений с применением новых модифицированных флотореагентов.

Личный вклад автора состоит:

- в анализе современного состояния технологий обогащения полиметаллического и медно-молибденового сырья, используемых флотореагентов в процессе его переработки и постановке целей и задач исследований, в анализе и обобщении полученных результатов, обосновании выводов и подготовке публикаций;

- в анализе результатов вещественного состава исходного сырья: сивушного масла Айдабульского спиртового завода, нефти Кумкольского месторождения, дизельного и печного топлива и мотивации их выбора для синтеза модифицированных флотореагентов;

- в разработке стратегии исследований переработки полиметаллической руды Артемьевского месторождения и медно-молибденовой Актогайского с применением модифицированных флотореагентов;

- в непосредственном участии в научных экспериментах по синтезу модифицированных флотореагентов и проведению флотации исходного сырья с их использованием;

- в разработке методологии взаимодействия мономинералов исходного сырья с модифицированными флотореагентами и интерпретации полученных результатов;

• в разработке и апробации технологий флотационного обогащения полиметаллической и медно-молибденовой руд с использованием синтезированных модифицированных флотореагентов.

Апробация результатов исследований. Материалы диссертационной работы доложены на международных конференциях: XVIII Международный научный симпозиум студентов и молодых ученых им. Академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр» (Томск, 2014 г.); XX Международная научно-техническая конференция «Научные основы и практика переработки руд и техногенного сырья» (Екатеринбург, 2015 г.). Конгресс по переработке и утилизации техногенных образований, «Фундаментальное исследование и прикладные разработки процессов переработки и утилизации техногенных образований», «ТЕХНОГЕН – 2019» (Екатеринбург, 18-21 июня 2019 г.). XIII Межрегиональной науч.-техн. конф. молодых ученых: «Научно-практические проблемы в области химии и химических технологий», (Апатиты, 2019 ж.).

Полученные результаты диссертации были реализованы:

В процессе проведения укрупненно-лабораторных испытаний технологии флотационного обогащения полиметаллической руды Артемьевского месторождения и медно-молибденовой Актогайского в условиях лаборатории флотореагентов и обогащения Акционерного общества «Институт металлургии и обогащения», г. Алматы Республики Казахстан (Акт укрупненно-лабораторных испытаний по технологии переработки полиметаллической руды Артемьевского месторождения с применением модифицированных флотореагентов от 12.11.2017 г.); (Акт укрупненно-лабораторных испытаний по технологии переработки медно-молибденовой руды Актогайского месторождения с применением модифицированных флотореагентов от 18.12.2018 г.);

Полнота отражения результатов диссертации в публикациях

Материалы диссертации представлены в виде 12 работ: в том числе 1 статья в журнале «Обогащение руд», Российской Академии наук, входящем в базу данных Scopus и 2 статьи в журнале «Известия Вузов Кыргызстана», 1 статья в журнале «Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана», 1 статья в журнале «Комплексное использование минерального сырья», 1 статья в журнале «Вестник КазНАЕН», 4 доклада и 2 инновационных патента Республики Казахстан.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, списка использованных источников, приложений. Работа изложена на 148 странице машинописного текста, включает 31 таблицы и 27 рисунков. Список использованных источников состоит из 124 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе представлен анализ современного состояния и перспектив обогащения полиметаллических руд.

Современный научно-технический прогресс требует увеличения производства цветных и редких металлов и повышения их качества. При этом содержание ценных компонентов в рудах из года в год неуклонно снижается, поэтому в переработку вовлекается труднообогатимое, шламистое и тонковкрапленное сырье.

Реагенты, применяемые при флотации, обеспечивают высокую избирательность, стабильность и эффективность флотационного процесса, а также создают наибольшие возможности совершенствования и интенсификации этого метода обогащения. Воздействие флотационных реагентов позволяет в широком диапазоне изменять поверхностные свойства минералов, что делает флотацию наиболее универсальным методом обогащения полезных ископаемых. Вместе с тем, применение классических флотореагентов для переработки низкосортного полиметаллического сырья удорожает процесс флотации.

В последнее время многими работами доказано технологическая эффективность и экономическая целесообразность сочетания низкомолекулярных реагентов, типа ксантогенатов, с различными органическими собирателями, содержащими в молекулах, наряду с полярными, аполярные радикалы. Однако сведений о соединениях, сочетающих достаточно высокоэффективные низкомолекулярные реагенты с полифункциональными высокомолекулярными соединениями и применение их в процессе флотации весьма ограниченное количество.

Разработан и опробован ряд новых модифицированных реагентов, в частности, российские реагенты СИГ, СГМ и Берафлот-3026, МФТК, ПРОКС, SF-239 и другие. Однако все они получены на основе известных дорогостоящих синтетических реагентов и за пределами республики. В Казахстане флотореагенты не производят.

Между тем в АО «Институт металлургии и обогащения» Республики Казахстан разработаны способы синтеза модифицированных флотореагентов на основе отечественного сырья – сивушных масел Талгарского спиртового завода. Получены хорошие результаты. Однако производительность Талгарского завода ограничена и не покрывает нужд обогатительной отрасли Казахстана. В этой связи необходимо изыскание дополнительных источников дешевого отечественного сырья, синтеза на их основе модифицированных флотореагентов и применение их в процессе переработки полиметаллического и медно-молибденового сырья.

Полученные результаты позволяют совершенствовать технологии переработки полиметаллических и медно-молибденовых руд, а также могут быть направлены на увеличение показателей переработки свинцово-цинковых и золото-медных руд Кыргызстана.

Во второй главе описаны характеристики исходного сырья, представлены методики проведения исследований и методы анализов, традиционные

методики синтеза флотореагентов, классические и современные методики определения ценных компонентов, а также современное оборудование.

Третья глава диссертационной работы посвящена изучению вещественного состава объектов исследований, синтезу модифицированных флотореагентов и исследованию их физико-химических свойств.

Синтез модифицированных флотореагентов на основе композиционных смесей, составленных из бутилового спирта и фракции спиртов нормального и изостроения предельных углеводородов, взятых в различных соотношениях, представляет как теоретический интерес, ввиду малого количества публикаций, касающихся такого рода "нетривиальных" реагентов, так и практический - ввиду повышения их флотационной активности.

Исходным сырьем для синтеза модифицированного ксантогената служили сивушное масло Айдабульского спиртового завода, которое является продуктом, получаемым при промывке в маслопромывателе концентрата из ректификационной или сивушной колонн. Выход его составляет 0,3 - 0,4% от условного спирта сырца. Сивушное масло содержит в своем составе 5 - 12 % этанола, 7 - 15 % н-пропанола, 10 - 20 % - изобутанола, 50 - 60 % -изоамилового спирта и 5 - 10 % воды.

В ходе исследований была проведена фракционная разгонка сивушного масла Айдабульского спиртового завода и обезвоживание. Обезвоживание проводили посредством высаливания (40г NaCl на 1 дм³) с последующим обработкой поташом (10 г на 1 дм³) в течение 12 часов. Изучены физико-химические свойства обезвоженного сивушного масла после фракционной разгонки, которые приведены в табл. 1.

Таблица 1. - Результаты физико - химического анализа усредненного и осушенного сивушного масла

Наименование компонента	Показатель преломления, n_D^{20}	Удельный вес, d_4^{20}	t кипения, °C
Сивушное масло	1,4020	0,818	83,0-143

Хроматографический анализ после фракционной разгонки показал следующий состав сивушного масла (табл.2).

Таблица 2. - Результаты хроматографического анализа

№п/п	Компонент сивушного масла	Молекулярный вес	Содержание, %	Температура кипения
1	Н-пропиловый спирт	60,0	8,43	87,8
2	Изобутиловый спирт	75,2	21,68	109-110
3	Изоамиловый спирт	88,8	69,89	134
Итого			100	

Синтез ксантогенатов осуществляли согласно методу Чугасва, описанному в главе 2. Ксантогенат был получен по двум вариантам. Первый вариант предусматривал получение ксантогената из традиционного сырья - бутилового

спирта, второй - из бутилового спирта и сивушного масла. Во втором варианте использовали композиции, сформированные на основе бутилового спирта и сивушного масла, представленные в таблице 3.

Далее, в ходе исследований было измерено поверхностное натяжение водных растворов полученных модифицированных ксантогенатов из сформированных композиций.

Таблица 3. - Значения поверхностной активности водных растворов синтезированных ксантогенатов.

№	Флотореагент	Концентрация, мас. %	Поверхностное натяжение, эрг/м ²
1.	Бутиловый	0,0625	68,30
		0,125	66,50
		0,25	64,80
		0,5	57,30
		1	49,30
2.	Модифицированный ксантогенат, полученный из бутилового спирта и СМ в соотношениях 1:1	0,0625	65,78
		0,125	64,19
		0,25	59,20
		0,5	53,28
		1	47,57
3.	Модифицированный ксантогенат, полученный из бутилового спирта и СМ в соотношениях 1:2	0,0625	68,31
		0,125	63,81
		0,25	59,20
		0,5	56,09
		1	48,00
4.	Модифицированный ксантогенат, полученный из бутилового спирта и СМ в соотношениях 1:3	0,0625	64,98
		0,125	60,55
		0,25	56,68
		0,5	47,15
		1	40,96

Для получения модифицированного аэрофлота в ходе исследований были также сформированы композиционные смеси на основе сивушного масла и бутилового спирта и изучены их свойства (в табл. 4).

Таблица 4. - Физико-химические исследования композиционных смесей

№ п/п	Соотношение в смеси: бутиловый спирт: СМ	Единица измерения смеси			Показатель преломления, n_D^{20}	Удельный вес, d_4^{20}	Молекулярная масса	
		г	мл	г/моль			найденная	вычисленная
1	1:1	50:50	61:61	0,6:0,6	1,4005	0,813	79,0	78,55
2	1:2	33:66	41:81	0,4:0,8	1,4011	0,814	82,4	79,74
3	3:1	75:25	92:30	1:0,3	1,3999	0,811	74,0	75,19

Синтез аэрофлота вели согласно традиционной методике, описанной в главе

Нами были получены аэрофлоты из трех композиций реагентов, а также, для сравнения, из базового реагента - бутилового спирта.

Далее, в ходе исследований, было изучено изменение величины поверхностного натяжения водных растворов синтезированных аэрофлотов в зависимости от концентрации. Полученные результаты представлены на рисунке 1.

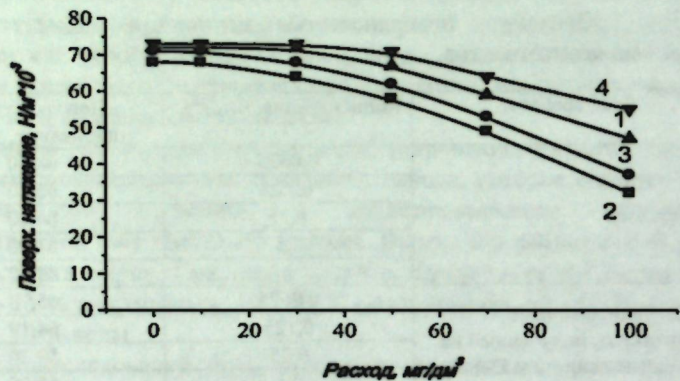


Рисунок 1 - Зависимость поверхностного натяжения (σ) водных растворов аэрофлотов от концентрации: 1 - смесь №1; 2 - бутиловый аэрофлот; 3 - смесь №3; 4 - смесь №2.

Установлено понижение поверхностного натяжения водных растворов полученных аэрофлотов с увеличением концентрации. Это дает основание предполагать наличие пенообразующих свойств у всех полученных аэрофлотов, более эффективный аэрофлот, полученный из смеси №2.

В дальнейших исследованиях использовали модифицированный аэрофлот, полученный из смеси №2.

Синтез модифицированного собирателя из нефти и нефтепродуктов

В последние годы заметно вырос интерес к гетероорганическим соединениям нефти в плане их использования при флотации полиметаллических руд.

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 интенсифицирует действие аполярных собирателей при флотации и снижает до минимума их расход на обогатительных предприятиях.

В ходе исследований использовали легкую, малосернистую, малопарафинистую нефть Кумкольского месторождения.

Согласно ИК-спектральному исследованию (рисунок 2) установлено, что в исследуемых образцах 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.

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. Таким дешевым органическим соединением, согласно предварительным исследованиям, является дизельное топливо, в образцах которого, согласно ИК - спектру (рисунок 3) значительное место занимают ароматические соединения.

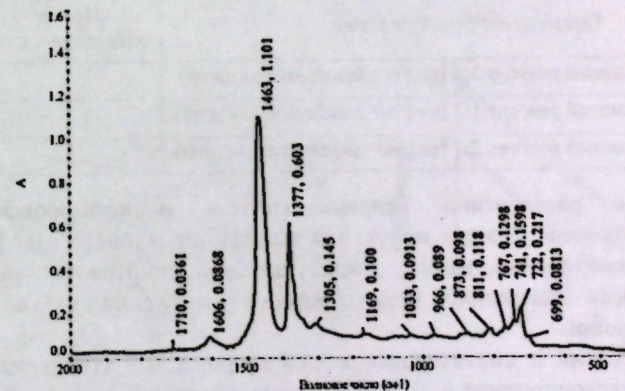


Рисунок 2 - Инфракрасный спектр пробы нефти Кумкольского месторождения.

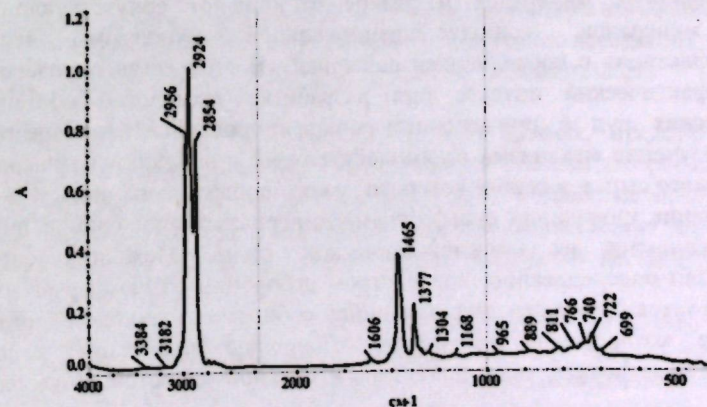


Рисунок 3 - Инфракрасный спектр пробы дизельного топлива.

В ходе экспериментов данные компоненты были взяты в определенных соотношениях и проведено диспергирование смеси путем энергичного перемешивания на ультразвуковом диспергаторе марки УЗДН - 1200Т. Предварительно установлено, что оптимальное время воздействия ультразвука – 6 минут. В этом случае наибольший выход частиц размером 75 нм - 66,9 %. Для определения устойчивости эмульсий установлено время расслоения эмульсий (табл. 5).

Из данных таблицы следует, 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 длителен, более приемлема смесь №1.

Таблица 5. - Результаты определения устойчивости эмульсии

№ 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

Таким образом, разработаны условия синтеза модифицированного ксантогената и адаптированы условия получения модифицированного аэрофлота с использованием сивушного масла Айдабульского спиртового завода, определена зависимость изменения поверхностного натяжения их водных растворов от концентрации.

Установлены условия и синтезирован модифицированный собиратель из нефти Кумкольского месторождения и дизельного топлива, изучены его свойства.

Следует отметить, что полиметаллические руды являются в большинстве своем комплексными сульфидными рудами. Учитывая близкие флотационные свойства сульфидных минералов и резкое отличие от сопутствующих не сульфидных минералов, наиболее рациональной технологией является коллективная флотация с последующей селекцией. В этой связи определенный научный и практический интерес при разработке технологии обогащения полиметаллических руд с применением модифицированных флотореагентов представляет изучение механизма взаимодействия их с основными минералами полиметаллического сырья, в основе которого лежат процессы сорбции.

Исследования проводили с сульфидными минералами меди, свинца, цинка и железа, выделенными из полиметаллической руды. Механизм сорбции интерпретировали опосредованно, посредством десорбции разными реагентами: водой десорбируется физически закрепившийся собиратель; этанолом – реагент, взаимодействие которого с минералом ограничено пределами монослоя (хемосорбированная форма); смесь гексана с соляной кислотой растворяются

диалкилдитиофосфаты металлов, образовавшиеся в результате гетерогенной химической реакции.

Полученные результаты представлены на рисунке 4.

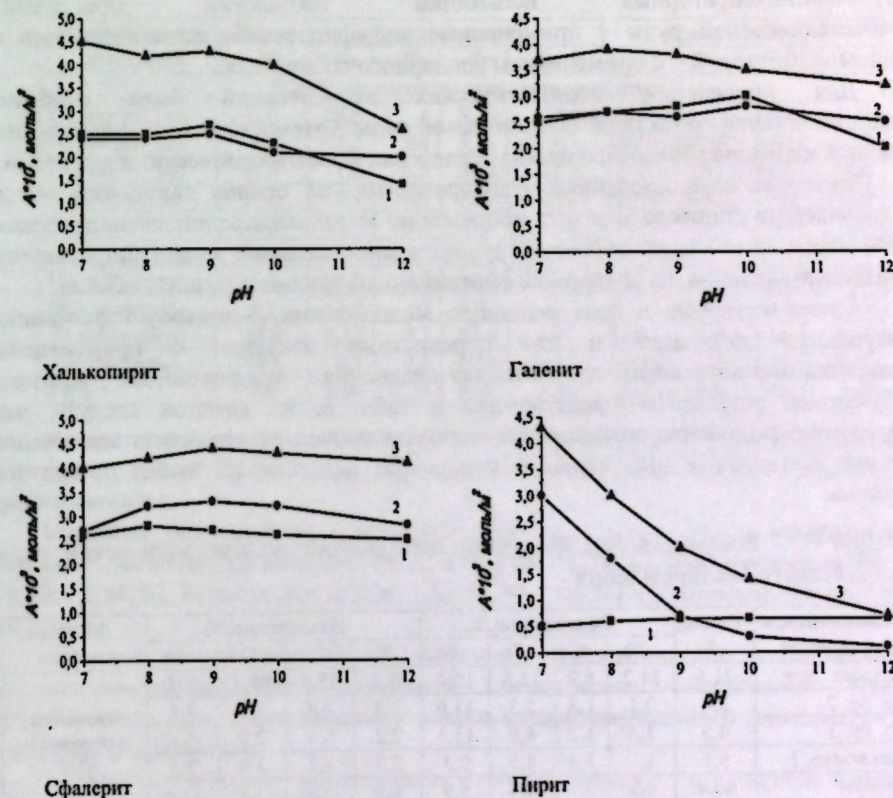


Рисунок 4 - Изменение концентрации композиционного аэрофлота на сорбированных мономинералах при разных pH в процессе десорбции: водой (1); этанолом (2); смесью гексана с соляной кислотой (3).

Из полученных данных следует, что ход кривых, представленных на рисунке 4 одинаков. Кривые отличаются величиной степени десорбции. Для всех трех минералов преобладает химическая сорбция, т.к. наиболее высокая степень десорбции смесью гексана с соляной кислотой. Необходимо отметить, что максимальная степень десорбции для всех трех минералов достигнута при pH в диапазоне 8,0 - 10,0.

Что касается пирита, то для этого мономинерала кривые имеют иной вид. В данном случае также преобладает химическая сорбция, однако максимальная степень десорбции достигнута, в отличие от предыдущих мономинералов, при pH 7,0. Данный факт может стать основой для их разделения при флотации.

В четвертой главе приведены результаты технологических исследований и укрупненно-лабораторных испытаний технологии обогащения полиметаллической руды с применением модифицированного ксантогената и медномолибденовой – с применением аполярного собирателя.

Для проведения технологических исследований была отобрана представительная проба полиметаллической руды Артемьевского месторождения. Фазовый и химический состав пробы исследован физико-химическими методами.

Синтез модифицированных флотореагентов на основе сивушного масла Айдабульского спиртового завода проведен по методике, представленной в главе 2. Обогащение полиметаллической руды с использованием модифицированного ксантогената вели на лабораторных флотационных машинах разного объема.

Схема включала в себя основную медно-свинцово-цинковую флотацию, контрольную флотацию и две перечистные операции с применением модифицированного ксантогената и, для сравнения, - традиционных реагентов. Полученные результаты представлены в табл. 6, из которой следует, что применение модифицированного ксантогената позволяет увеличить извлечение цветных металлов в коллективный концентрат на 1,6 - 4,5 % без потери его качества.

Таблица 6. - Результаты исследований переработки полиметаллической руды Артемьевского месторождения

Наименование продуктов	Выход, %	Содержание, %					Извлечение, %				Условия опыта
		Pb	Cu	Zn	Fe	Pb	Cu	Zn	Fe		
Коллект. к-т	21,6	11,2	6,9	31,5	16,4	85,6	85,5	88,4	40,0	Бутиловый ксантогенат – 85 г/т	
Пр. пр. 2	3,4	2,1	1,8	5,3	11,6	2,5	3,5	2,3	4,5		
Пр. пр. 1	4,5	1,4	1,2	4,9	13,1	2,2	3,1	2,9	6,7		
Пен.контр. 1	5,1	1,5	1,4	4,5	9,3	2,7	4,1	3,0	5,4		
Хвосты	65,4	0,3	0,1	0,4	5,9	6,9	3,8	3,4	43,6		
Исходная руда	100	2,8	1,7	7,7	8,9	100	100	100	100		
Коллект. к-т	21,3	11,6	7,3	31,2	18,4	87,2	90,0	90,7	48,8	Модифицированный бутиловый ксантогенат – 75 г/т	
Пр. пр. 2	2,9	2,1	1,4	7,1	7,2	2,1	2,3	2,8	2,6		
Пр. пр. 1	3,1	1,9	1,0	3,5	5,1	2,1	1,8	1,5	2,0		
Пен.контр. 1	2,2	1,4	1,4	3,9	9,7	1,1	1,8	1,2	2,7		
Хвосты	70,5	0,3	0,1	0,4	5,0	7,5	4,1	3,8	43,9		
Исходная руда	100	2,8	1,7	7,3	8,0	100	100	100	100		

В ходе исследований проводилась селективная флотация. Содержание меди, свинца и цинка в селективных концентратах возросло более, чем на 2 %.

На основании выявленных в процессе исследований оптимальных условий коллективной и селективной флотации были проведены укрупненно-лабораторные испытания технологии переработки полиметаллической руды Артемьевского месторождения с применением модифицированного ксантогената в условиях АО «Институт металлургии и обогащения». Результаты укрупненно-лабораторных испытаний, подтвердившие эффективность использования модифицированного ксантогената, представлены в табл. 7.

Таблица 7. – Результаты укрупненно-лабораторных испытаний по переработке руды Артемьевского месторождения с применением модифицированного ксантогената

Наименование продуктов	Выход, %	Содержание, %				Извлечение, %			
		Cu	Pb	Zn	Fe	Cu	Pb	Zn	Fe
Баланс металлов по стандартному режиму									
Cu концентрат	5,1	26,8	1	3,25	23	81,64	1,90	1,94	14,78
Pb концентрат	4,3	1,1	54	5,11	2,8	2,82	86,79	2,57	1,52
Zn концентрат	15,4	1,2	0,5	52,2	3,1	11,0	2,88	94,1	6,0
Хвосты отвал	75,2	0,1	0,3	0,16	8,2	4,54	8,43	1,40	77,69
Руда	100	1,67	2,67	8,54	7,9	100	100	100	100
Баланс металлов по предлагаемой технологии									
Cu концентрат	5,2	28,9	1,2	3,4	22,2	83,25	2,27	2,01	14,71
Pb концентрат	4,4	1,2	55	4,27	3	2,92	88,28	2,13	1,7
Zn концентрат	15,6	1,12	0,7	53,4	3,2	9,68	3,99	94,6	6,36
Хвосты отвал	74,8	0,1	0,2	0,14	8,1	4,14	5,45	1,21	77,23
Руда	100	1,80	2,74	8,80	7,8	100	100	100	100

Показатели процесса флотации с использованием модифицированного аэрофлота также превосходят аналогичные при применении традиционных флотореагентов.

Наиболее близкими по содержанию свинца и цинка среди месторождений Кыргызстана являются Канское (Pb - 2,43 %; Zn - 1,29 %), Джетыюгузское (Pb - 4,41 %; Zn - 3,84 %), Белькудукское (Cu - 1,35 %; Pb - 1,6 %) и Тамчиское (Pb - 6,2 %; Zn - 4,27 %).

В ходе исследований были проведены технологические исследования и укрупненно-лабораторные испытания технологии обогащения медно-молибденовой руды с применением нового модифицированного флотореагента - аполярного собирателя.

Технологические исследования проводились с использованием представительной пробы медно-молибденовой руды Актогайского месторождения. Фазовый и химический состав пробы исследован физико-химическими методами.

Синтез аполярного собирателя на основе нефти Кумкольского месторождения и дизельного топлива осуществляли по методике, представленной в главе 2. Обогащение медно-молибденовой руды с использованием аполярного собирателя, как и при переработке полиметаллической руды, проводили на флотационных машинах объемами ФМ -3,0; 1,5; 0,75; 0,5 и 0,25.

В ходе исследований проведены эксперименты коллективной медно-молибденовой флотации по выявлению оптимальной степени измельчения руды. Схема коллективной медно-молибденовой флотации руды, состояла из основной и контрольной коллективной медно-молибденовой флотации и трех перечисток коллективного концентрата с применением традиционных флотореагентов.

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

Выявлено, что наилучшие показатели достигнуты при измельчении 94 % класса 0,074 мм. При этом получен коллективный медно-молибденовый концентрат с содержанием меди 19,6 %, с содержанием молибдена 0,31 % при извлечении молибдена 34,0 %, извлечение меди 82,2 %.

Проведены исследования по отработке технологии селекции коллективного медно-молибденового концентрата с применением традиционных флотореагентов. Технологическая схема селективной флотации включала десорбцию коллективного концентрата методом пропарки с сернистым натрием при температуре 85-90°C, отмывку, основную, контрольную молибденовую флотацию и шесть перечисток молибденового концентрата. Во всех операциях селективной флотации значение pH среды составляло 8,5-9,0. В качестве собирателя применяли керосин, депрессора – сернистый натрий и жидкое стекло, вспенивателя – Т-80. Без применения доизмельчения коллективного медно-молибденового концентрата не удастся получить молибденовый и медный концентрат удовлетворительного качества.

Далее были проведены исследования с применением одноразового 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. Оптимальный вариант технологии включает два доизмельчения. Получен 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.

Исследования по селекции медно-молибденового концентрата с применением смеси дизельного топлива и нефти Кумкольского месторождения (1:1) в сравнении с базовой технологией (с керосином) показали, что оптимальный расход модифицированного флотореагента составил 3 г/т. В результате получен молибденовый концентрат с содержанием молибдена 38,7 % и медный с содержанием меди 22,9 %, при извлечении молибдена 52,9 %, меди – 75,34 %. По сравнению с базовой технологией содержание молибдена и меди в концентрате увеличилось на 0,6 – 0,7 %, извлечение молибдена и меди в концентрат повысилось на 2,2 – 2,8 %.

Результаты укрупненно-лабораторных испытаний технологии селекции коллективного медно-молибденового концентрата, полученного из руды месторождения Актогай представлены в табл. 8. Испытания проводились согласно описанной выше технологии с применением модифицированного флотореагента - аполярного собирателя.

Из таблицы следует, что применение модифицированного реагента позволяет повысить извлечение молибдена в молибденовый концентрат на 5,7 % без потери качества концентрата.

Таблица 8. - Результаты укрупненно-лабораторных испытаний селекции коллективного медно-молибденового концентрата руды в сравнении с базовой технологией

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

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

Эффективность данного аполярного собирателя подтверждена также и при селекции молибденового концентрата из руды Шорского месторождения.

По сравнению с базовой технологией содержание молибдена в концентрате увеличилось на 7,0 %, извлечение молибдена в концентрат увеличилось на 2,9 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основании проведенного анализа современного состояния исследований в области синтеза и применения модифицированных флотореагентов при обогащения руд цветных металлов показана перспективность работ по получению сульфидрильных и аполярных собирателей для эффективной селекции коллективных концентратов.

2. Разработаны основные принципы мотивации выбора исходных компонентов для формирования модифицированных флотореагентов на основании результатов физико-химических исследований исходного сырья – сивушного масла Айдабульского спиртового завода, дизельного и печного топлива, нефти Кумкольского месторождения.

3. Разработан способ получения модифицированного ксантогената и адаптирован способ получения модифицированного аэрофлота на основе сивушного масла Айдабульского спиртового завода. Определены физико-химические свойства модифицированных флотореагентов (показатель преломления, удельный вес, молекулярная масса).

4. Установлено взаимодействие мономинералов исходного сырья с модифицированными флотореагентами посредством химической сорбции для каждого

минерала при определенных значениях рН. Данный факт может стать основой для их разделения при флотации.

5. Установлено, что в образцах нефти Кумкольского месторождения, согласно ИК- спектроскопическим исследованиям, преобладают парафиновые структуры нормального и изостроения, присутствуют длинные парафиновые цепочки. Отмечено наличие нафтеновых и ароматических структур. Карбонильная группа отсутствует, нефть не окислена. В образцах дизельного топлива значительное место занимают ароматические соединения. Основываясь на полученных данных, разработаны основные принципы формирования аполярного собирателя на основе эмульсий из смеси нефти Кумкольского месторождения и дизельного топлива и определены оптимальные условия их подготовки.

6. Усовершенствован и апробирован технологический режим флотационного обогащения полиметаллических руд Артемьевского месторождения с применением модифицированного ксантогената. Установлено, что применение модифицированного ксантогената позволяет увеличить извлечение цветных металлов в коллективный концентрат на 1,6 - 4,5 % без снижения его качества. Содержание меди, свинца и цинка в селективных концентратах возрастает более, чем на 2 %.

7. Показана возможность применения, модифицированного флотореагента на основе дизельного топлива и нефти Кумкольского месторождения для проведения селективной флотации медно-молибденовой руды месторождения Актогай и месторождения Шорское. Оптимальный расход модифицированного флотореагента при переработке руды месторождения Актогай составил 3 г/т. В результате получен молибденовый концентрат с содержанием молибдена 38,7 % и медный с содержанием меди 22,9 %, при извлечении молибдена 52,9 %, меди – 75,34 %, по сравнению с базовой технологией, содержание молибдена и меди в концентрате увеличилось на 0,7 – 0,6 %, извлечение молибдена и меди в концентрате увеличилось на 2,8 – 2,2 %. По сравнению с базовой технологией содержание молибдена в концентрате месторождения Шорское увеличилось на 7,0 %, а извлечение молибдена в концентрат - на 2,9 %.

Проведенные укрупнено-лабораторные испытания разработанных технологий подтвердили эффективность применения модифицированных флотореагентов. Экономический эффект от использования модифицированного ксантогената при переработке 1 млн. т руды в год составит: 299 104 \$ (25,125 млн. сом); ориентировочная прибыль производства от применения модифицированного флотореагента (по меди и молибдену) составит 36 000 \$ (3,024 млн. сом).

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ:

1. Муханова, А. А. Усовершенствование технологии селекции медно-молибденового концентрата с применением модифицированных реагентов [Текст]: / [Н.К.Тусупбаев, Л.В. Семушкина, А.А. Муханова, Д.К. Турысбеков и др.]. // КИМС. – Алматы, 2012. – №3. – С.15 – 23.
2. Муханова, А. А. Усовершенствование технологии селекции коллективного медно-свинцово-цинкового концентрата с применением теплового режима и модифицированного реагента [Текст]: / [Н.К.Тусупбаев, Н.С. Бектурганов, Л.В. Семушкина, А.А. Муханова и др.]. // Обогащение руд. – 2013. – № 6. – С. 12 – 17.
3. Муханова, А. А. Эффективность использования нового модифицированного ксантогената в цикле флотации полиметаллических руд [Текст]: / А. А. Муханова. // Вестник КазНАЕН. – Алматы. – 2013. – №3. – С. 56 – 60.
4. Муханова, А. А. Применение модифицированного бутилового ксантогената при флотации полиметаллических руд [Текст]: / Д.К. Турысбеков, Н.К. Тусупбаев, А.А. Муханова. // Материалы XVIII Международного научного симпозиума им. Академика М.А.Усова студентов и молодых ученых «Проблемы геологии и освоения недр.» – Томск. – 7-11 апреля 2014. – С.269 – 271.
5. Муханова, А. А. Применение композиционных реагентов при флотации полиметаллических руд [Текст]: / Л.В. Семушкина, Д. К.Турысбеков, С.Н. Калугин, А. А. Муханова, А.С. Сугурбекова. // Матер. XX Межд. научно-техн. конф. «Научные основы и практика переработки руд и техногенного сырья». – Екатеринбург.: 15-16 апреля, 2015. – С.34 – 37.
6. Муханова, А. А. Использование композиционных собирателей при флотации труднообогатимых руд [Текст]: / А. А. Муханова. // Известия Вузов Кыргызстана. – Бишкек. – № 3. – 2017. – С. 10 – 13.
7. Муханова, А. А. Модифицированные флотореагенты для интенсификации флотации полиметаллической руды Артемьевского месторождения [Текст]: / А. А. Муханова, Н.К. Тусупбаев, Ж.С. Мейманова, Г. М. Алмакучукова. // Известия Вузов Кыргызстана. – Бишкек. – № 3. – 2017. – С. 14 – 18.
8. Муханова, А. А. Исследование возможности селекции медно-молибденового концентрата с применением модифицированных флотореагентов [Текст]: / А. А. Муханова. // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. – Бишкек. – № 3. – 2017. – С. 29 – 13.
9. Муханова, А. А. Переработка полиметаллической руды Артемьевского месторождения с применением нового модифицированного флотореагента [Текст]: / А. А. Муханова. // XIII Межрегион. науч.-техн. конфер. мол. ученых: «Науч.-практ.проблемы в области хим. и химич. технологий». – Апатиты 17 - 19 апреля – 2019. – С.215-220.

10. Муханова, А. А. Новые подходы в формировании модифицированного собирателя [Текст]: / А.А. Муханова, Н.К. Тусупбаев, Л.В. Семушкина. // Труды конгресса с междуна. участием и науч.-техн. Конференции молодых ученых «Фундаментальные иссл. и прикладные разработки процессов переработки и утилизации техногенных образований «ТЕХНОГЕН – 2019». – Екатеринбург. – С.219 – 221.

Патенты

11. Инновационный патент №29600 Республика Казахстан. Способ обогащения полиметаллической медно-свинцово-цинковой руды [Текст] / Н.К. Тусупбаев, А.А. Муханова, С.Н. Калугин, Д.К.Турысбеков, Л.В. Семушкина, С.Б. Сатылганова; Алматы; опубл. 16.03.2015, Бюл. №3.
12. Инновационный патент №28203 Республика Казахстан. Способ разделения медно-молибденовых руд [Текст] / Н.К. Тусупбаев, Л.В. Семушкина, А.А. Муханова, и др.; Алматы; опубл. 17.03.2014., Бюл. №3.

РЕЗЮМЕ

диссертации Мухановой Айнура Айтказыновны на тему:
«Совершенствование технологии переработки полиметаллических и медно-молибденовых руд с применением модифицированных флотореагентов» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.13. – обогащение полезных ископаемых

Ключевые слова: модифицированный флотореагент, керосин, сивушное масло, дизельное топливо, нефть, флотация, руда, концентрат.

Объекты исследования: Артемьевское, Актогайское, Шорское месторождения Республики Казахстан, сивушное масло Айдабульского спиртового завода, нефть Кумкольского месторождения, печное и дизельное топливо.

Цель исследования: Разработка технологии переработки полиметаллических и медно-молибденовых руд с использованием модифицированных флотореагентов на основе отечественного сырья.

Методы исследования: химический, рентгенофазовый, рентгенофлуоресцентный анализы, ИК - спектроскопия, минералогический, мономинеральная флотация, укрупненно - лабораторные флотационные испытания.

Аппаратура исследования: атомно-адсорбционный спектрометр АА -7000, рентгенофлуоресцентный спектрофотометр Axios 2011, рентгеновский дифрактометр D8ADVANCE, ИК - Фурье спектрометр Thermo Nicolet Avatar Spectr, Тензиометр К20, установка для синтеза флотореагентов R- 620, щелочная дробилка ДМД 160/100, шаровая мельница 40МЛ-000ПС, флотомашины ФЛ - 290, ФМ - 1,2.

Полученные результаты:

Усовершенствована технология флотационного обогащения полиметаллической руды Артемьевского месторождения с применением модифицированного ксантогената и аэрофлота и проверена в укрупненно-лабораторных условиях. Показано, что применение модифицированных флотореагентов позволяет увеличить извлечение цветных металлов в коллективный концентрат на 1,6 - 4,5 % без снижения его качества.

Усовершенствована технология флотационного обогащения медно-молибденовой руды месторождения Актогай с применением модифицированного флотореагента, полученного на основе дизельного топлива и нефти Кумкольского месторождения. По сравнению с базовой технологией применение новых флотореагентов позволяет повысить содержание молибдена и меди на 0,6 – 0,7 %, извлечение молибдена и меди на 2,2 – 2,8 %.

Область применения: горно-обогатительные предприятия, перерабатывающие полиметаллические и медно-молибденовые руды.

25.00.13 - пайдалуу кендерди байытуу адистиги боюнча техника илимдеринин кандидаты илимий даражасын изденип алууга Айнуур Айтказыновна Муханованын «Модифицирленген флотореагенттерди колдонуу менен полиметалл жана жез-молибден кендерин кайра иштетүү технологияларын жакшыртуу» аталышындагы диссертациясынын

РЕЗЮМЕСИ

Негизги сөздөр: модификацияланган флотореагент, керосин, сивуш майы, дизель куйуучу майы, нефть, флотация, кен, концентрат (тазаланган кен)

Изилдоонун объектиси: Казахстан республикасынын Артемь, Актогай, Шорс кен чыккан жери, Аудабул арак, мунай Кумкел талаасы, меш мунай жана дизелдик күйүүчү.

Изилдоонун максаты: Ата мекендик чийки заттын негизинде өзгөртүлгөн флотациялык реагенттерди колдонуп, полиметалл жана жез-молибден рудаларын иштетүү.

Изилдоонун ыкмалары: Химиялык, рентгенофазалык, рентгенофлуоресцент анализдери, ИК - спекторскопиясы, минералдык, жеке минералдык флотация, ирилешкен- лабораториялык флотация текшеруусу

Изилдоонун аппараттары: атомдук -адсорбциондук спектрометр АА - 7000, рентгенофлуоресцент спектрофотометри Axios 2011, рентген дифрактометри D8ADVANCE, ИК - Фурье спектрометри Thermo Nicolet Avatar Spectr, Тензиометр K20, флоторагенттерин синтездоо учун орнотуу R - 620, жаактуу талкалагыч ДМД 160/100, шардык тегирмени 40МЛ - 000ПС, флотомашиналар ФЛ - 290, ФМ - 1,2.

Алынган жыйынтыктары: Артемь кенин модификацияланган флотореагенттерин колдонуу менен кайра иштетүү технологиясы жакшыртылды жана ирилешкен лабораториялык шартта текшерилди.

Модификацияланган флотореагентин колдонууда тустуу металлдарды жана коллективдуу концентраттарды сапатын томондотпой 1,6 - 4,5 % жогорулатуу менен байытуу корсотулду.

Актогай кенин куйуучу май дизелинин жана Кумкол кенинин нефтисинин негизинде модификацияланган флотореагенттерин колдонуу менен кайра иштетүү технологиясы жакшыртылды. Базалык технология менен салыштырганда жаны флотореагентти колдонуу молибден жана жездин курамын 0,7 - 0,6 %, молибден жана жезди 2,8 % - 2,2 % байытууга жогорулатты.

Колдонуу аймактары: Тоо-кен, полиметаллдык жана жез-молибден кенин кайра иштетүү ишканалары.

RESUME

on dissertation of Mukhanova Ainur Aitkazynovna entitled: «The development of polymetallic and copper-molybdenum ores processing technology using modified flotation agents» submitted to earn the degree of Cand.Tech.Sci., on specialty 25.00.13 - mineral processing

Keywords: modified flotation agent, kerosene, fusel oil, diesel fuel, oil, flotation, ore, concentrate.

Objects: Artemyevsky, Aktogay, Shorsk deposits of Republic Kazakhstan, fusel oil from the Aydabulsky distillery, oil from the Kumkolsky deposit, heating oil and diesel fuel.

Research goal: Development of processing technology for polymetallic and copper-molybdenum ores using modified flotation reagents based on domestic raw materials.

Methods: Chemical, atomic adsorption spectroscopy, X-ray phase and fluorescence spectroscopy, IR spectroscopy, mineralogical, monomineral flotation, large-scale laboratory flotation tests.

Equipment: atomic adsorption spectrometer AA - 7000, X - ray fluorescence spectrometer Axios 2011, X - ray diffraction meter D8ADVANCE, Fourier transform infrared spectrometer Thermo Nicolet Avatar Spectr, tensiometer K20, flotation agent synthesis reactor R - 620, sledger ДМД 160/100, ball mill 40МЛ - 000ПС, flotation cells ФЛ - 290, ФМ-1,2.

Results: The technology of flotation of polymetallic ore of the Artemyevsky deposit has been improved by employing a modified xanthate and aeroflot. Large scale laboratory tests showed that the application of modified flotation reagents increases the extraction of non-ferrous metals in the collective concentrate by 1.6 - 4.5 % without reducing its quality.

The technology of flotation of copper-molybdenum ore from the Aktogay deposit has been developed by using a modified flotation reagent based on diesel fuel and oil from the Kumkol deposit. In comparison to the basic technology, application of new flotation agents increases the content of molybdenum and copper by 0.6 - 0.7 %, as well as the extraction of molybdenum and copper by 2.2 - 2.8 %.

Application area: Mining factories processing polymetallic and copper-molybdenum ores.

Муханова Айнура Айтказыновна

**Совершенствование технологии переработки полиметаллических
и медно-молибденовых руд с применением модифицированных
флотореагентов**

**Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

**Подписано к печати 27.03.2021 г.
Формат бумаги 60x90 1/16. Объем 1.25 п.л.
Бумага офсетная. Печать офсетная.
Тираж 100 экз. Заказ 777**

**050060, г. Алматы, пр. Гагарина, 93А
Типография «Dostarprint»**