

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

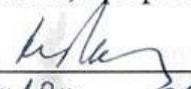
Мырзабекова Коркем Дильдабековна

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

На соискание академической степени магистра

Название диссертации	Исследование интенсификации флотационного процесса сульфидных руд Актогайского месторождения
Направление подготовки	7М07223 – Металлургия и обогащение полезных ископаемых

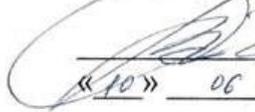
Научный руководитель:
к.т.н., профессор

 Шаутенов М.Р.
«10» 06 2021 г.

Рецензент:
к.т.н., в.н.с. лаборатории флотореагентов и обогащения АО «ИМиО»

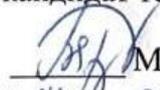
 Семушкина Л.В.
«10» 06 2021 г.

Нормоконтроль:
доктор PhD, сениор-лектор

 Дюсенова С.Б.
«10» 06 2021 г.

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
НАО «КазННТУ им.К.И.Сатпаева»
Институт Металлургии и
Промышленной инженерии

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
заведующая кафедрой МиОПИ,
кандидат технических наук

 М.Б. Барменшинова
«14» 06 2021 г.

Алматы 2021

Satbayev University

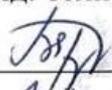
Институт металлургии и промышленной инженерии

Кафедра металлургии и обогащения полезных ископаемых

7M07223 – «Металлургия и обогащение полезных ископаемых»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующая кафедрой МиОПИ
канд. техн. наук

 М.Б.Барменшинова
« 13 » 02 2021 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение магистерской диссертации

Магистранту Мырзабековой Коркем Дильдабековне

Тема: Исследование интенсификации флотационного процесса сульфидных руд Актогайского месторождения

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. Baisui Han, Batnasan Altansukh, Kazutoshi Haga, Yasushi Takasaki and Atsushi Shubayama. Copper Recovery from Silicate-Containing Low-Grade Copper Ore Using Flotation Followed by High-Pressure Oxidative Leaching. Resources Processing 64. 2017. P. 3–14.

2. Информация на сайте <https://www.isamill.com/ru/Pages/home.aspx>.

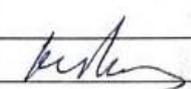
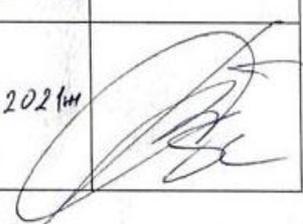
3. K. Kongolo, M. Kipoka, K. Minanga and M. Mpooyo, "Improving the efficiency of oxide copper cobalt ores flotation by combination of sulphidisers," Minerals Engineering, vol. 16, pp. 1023-1026, 2003.

ГРАФИК
подготовки магистерской диссертации

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

Подписи

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

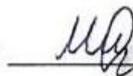
Наименования раздела	Консультант, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Аналитический обзор	Кандидат технических наук, профессор М.Р. Шаутинов	10.06.2021г.	
Основные методы анализа и исследований		10.06.2021г.	
Экспериментальная часть		10.06.2021г.	
Нормоконтроль	Доктор PhD, сениор-лектор С.Б. Дюсенова	10.06.2021г.	

Научный руководитель



М.Р. Шаутинов

Задание принял к исполнению обучающийся



К.Д. Мырзабекова

Дата

« 10 » 06 2021 г.

АҢДАТПА

Осы магистрлік диссертацияда Ақтоғай кен орнының сульфидті кендерінің флотациялық процесін қарқындату бойынша зерттеулер жүргізілді. "Ақтоғай" кен орнының бастапқы кенінің сынамасы негізінде сульфидті мыс кенінің заттық құрамын зерттеу бойынша зерттеулер жүргізілді. Елек талдау нәтижелері бойынша әр ірілік класында мыс, күкірт, темір құрамы және олардың ірілік кластары бойынша бөлінуі анықталды. "Ақтоғай" кен орнындағы сульфидті кенді ұжымдық флотациялау цикліндегі Solvay компаниясының реагенттерімен салыстырғанда BASF компаниясының көбіктенетін реагент-көбіктендіргіштерінің тиімділігін анықтау бойынша зерттеулер жүргізілді. Кен сынамасының физика-механикалық қасиеттерін зерттеу негізінде Кен бір осьті созылуға қатысты "өте қатты" деп сипатталатыны анықталды (Бонд әдістемесі бойынша).

IsaMill диірменінде концентратты жете ұсақтаудың қосымша сатысын қамтитын жетілдірілген технологиялық схемаға сәйкес флотациялық концентраттардың сапасын едәуір жақсартуға мүмкіндік берді.

АННОТАЦИЯ

В данной магистерской диссертации проведены исследования по интенсификации флотационного процесса сульфидных руд Актогайского месторождения. На основе пробы исходной руды месторождения «Актогай», проведены исследования по изучению вещественного состава сульфидной медной руды. По результатам ситового анализа в каждом классе крупности определяли содержание меди, серы, железа и распределение их по классам крупности. Проведены исследования по определению эффективности реагентов-пенообразователей компании Basf в сравнении с реагентами компании Solvay в цикле коллективной флотации сульфидной руды месторождения «Актогай». На основе изучения физико-механических свойств пробы руды было установлено, что руда характеризуется как «очень твердые» по отношению к одноосному растяжению (по методике Бонда).

В соответствии с усовершенствованной технологической схемой, включающей дополнительную стадию доизмельчения концентрата в мельнице IsaMill позволило значительно улучшить качество флотационных концентратов.

ABSTRACT

In this master's thesis, research was conducted on the intensification of the flotation process of sulfide ores of the Aktogay deposit. Based on a sample of the initial ore of the "Aktogay" deposit, studies were conducted to study the material composition of sulfide copper ore. According to the results of the sieve analysis, the content of copper, sulfur, and iron in each grain size class and their distribution by grain size class were determined. Studies were conducted to determine the effectiveness of Basf foaming reagents in comparison with Solvay reagents in the cycle of collective flotation of sulfide ore from the Aktogay deposit. Based on the study of the physical and mechanical properties of the ore sample, it was found that the ore is characterized as “very hard” with respect to uniaxial tension (according to the Bond method).

In accordance with the improved technological scheme, which includes an additional stage of re-grinding the concentrate in the IsaMill mill, it has significantly improved the quality of flotation concentrates.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	9
1. Сырьевая база Актогайской обогатительной фабрики	10
1.1 Технология переработки руды	11
1.2 Цель и концепция измельчения	12
1.3 Цель и концепция пенной флотации	13
2 Изучение вещественного состава сульфидной медной руды	16
2.2 Химический состав руды	17
2.3 Минеральный состав руды	19
2.4 Фракционный анализ руды	20
2.5 Минералого-технологические характеристики халькопирита	22
2.5.1 Гранулометрическая характеристика халькопирита	23
2.5.2 Качество сростков и степень раскрытия халькопирита	23
2.5.3 Комплексное распределение халькопирита	26
2.5.4 Минеральные ассоциации халькопирита	26
3 Изучение физико-механических свойств руды	29
3.1 Результаты определения предела прочности руды одноосном растяжении и сжатии	30
3.2 Результаты определения рабочего индекса абразивности	32
3.3 Результаты определения рабочего индекса ударного дробления	32
4 Исследование по определению эффективности реагентов пенообразователей	34
4.1 Классификация флотационных реагентов	34
4.2 Исследование реагентов пенообразователей при флотации сульфидной медной руды Актогайского месторождения	35
5 Классификация флотационных реагентов использованных на Актогайской обогатительной фабрике	45
6 Исследование технологии тонкого и сверхтонкого измельчения сырья в условиях Актогайской обогатительной фабрики	48
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	54
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	56
ПРИЛОЖЕНИЕ А	57

ВВЕДЕНИЕ

Диссертационная работа посвящена исследованию по интенсификации флотационного процесса сульфидных руд Актогайского месторождения.

Актуальность темы: Развитие технологии и техники для переработки различных руд открывают дополнительные возможности повышения технологических показателей за счет использования современного реагентного режима и используемого технологического оборудования в процессах рудоподготовки, технологии флотационного обогащения минерального сырья.

В связи с этим тема диссертационной работы является актуальным.

Цель и задачи работы

Цель работы: Исследование по интенсификации обогатительного производства в условиях Актогайской обогатительной фабрики.

Задачи:

- Исследование процесса рудоподготовки исходного минерального сырья, тестирования реагентов-пенообразователей, усовершенствования флотационного процесса.

Методология проведения исследований

Проведение исследований по тестированию реагентов-пенообразователей; тестирование проб руды Актогайского месторождения, исследование процесса доизмельчения в мельнице IsaMill.

Сорбирующиеся на поверхности минерала, который необходимо перевести в пену, и придающие частицам гидрофобные свойства.

1. Сырьевая база Актогайской обогатительной фабрики

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

КАЛ обладает правом владения месторождением согласно Лицензии № 637 от 9 июня 2004 года. Горный отвод занимает площадь 6,1 км². Самым низким пределом отработки является горизонт RL - 140 м (ниже исходного уровня Балтийского моря).

Геологоразведка и оконтуривание запасов проводилось разведочной группой, специально созданной для проекта Актогай Южно-Казахстанским территориальным геологическим управлением, 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, кзылкинской 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 км².

Месторождение Актогай является одним из крупнейшего месторождения меди, существующих в мире. На данный момент расчет общих ресурсов месторождения составляет около 1444,922 млн. тонн, сульфидных руд и 16,5753 млн. тонн окисленных руд.

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 штокверка в целом, обусловленный особенностями тектонического строения [1].

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.

1.1. Технология переработки руды

Технологическая схема переработки руд (рис. 1) 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.

1.2. Цель и концепция измельчения

В случае с перерабатывающей фабрикой месторождения "Актогай" целью процесса измельчения является уменьшение рудного материала до размера менее 180 микрон. Частицы руды должны быть уменьшены до этого размера или меньше для обеспечения эффективности флотации и извлечения медесодержащих и молибденсодержащих минералов. Добытая руда сначала подвергается дроблению, но на этом этапе размер руды уменьшается в среднем от 1000 мм до 150 мм. В процесс измельчения попадает дробленая руда, которая измельчается до размера, подходящего для циклов коллективной флотации и флотации молибдена.

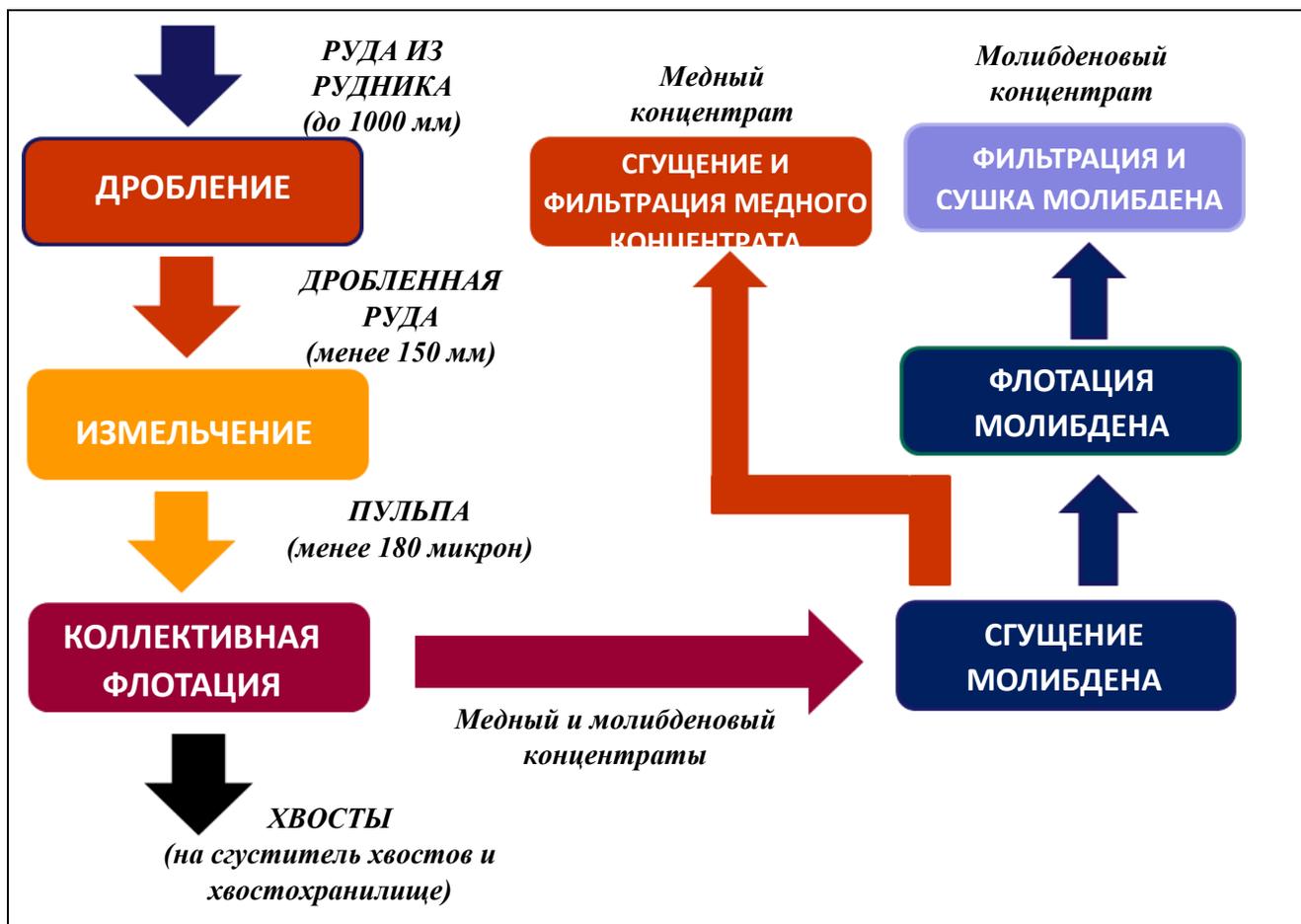


Рисунок 1 – Технологическая схема переработки руд на обогатительной фабрике Актогай

Процесс измельчения состоит из двух этапов измельчения – первичного и вторичного измельчения. Вся дробленая руда проходит процесс первичного измельчения. Руда правильного размера (180 микрон или менее) разгружается для дальнейшей переработки в процессе коллективной флотации.

Негабаритная руда (размер в микронах) после первичного измельчения проходит через этап вторичного измельчения для уменьшения частиц руды до нужного размера. Дробилка гальки и валковая дробилка высокого давления также используются для переработки измельченного материала, полученного в ходе первичного измельчения, т.е. размером 10 мм и более.

Измельчение является последним этапом процесса дробления – на этом этапе частицы руды уменьшаются до нужного размера с помощью ударного воздействия и истирания, а твердые частицы переходят во взвешенное в воде состояние. Измельчение производится в мелющих машинах или мельницах измельчения [2].

В группе барабанных мельниц имеется четыре основных типа:

- Стержневая мельница;
- Шаровая мельница;
- Мельница самоизмельчения (МСИ);
- Мельница полусамоизмельчения (ПСИ).

В процессе переработки руды месторождения "Актогай" используются только мельницы ПСИ и шаровые мельницы.

В мельницах с перемешиванием барабан мельницы находится в горизонтальном или вертикальном положении, он неподвижен, а движение передается загруженному материалу через движение мешалки, находящейся внутри. Среда для тонкого помола внутри мельницы перемешивается или вращается с помощью мешалки, которая обычно имеет центральный вал, к которому прикреплены штифты или диски различной конструкции. Мельницы с перемешиванием используются для тонкого (15-40 микрон) и ультратонкого (<15 микрон) помола.

1.3 Цель и концепция пенной флотации

В случае с Актогайской обогатительной фабрикой, целью коллективной флотации является изначальное извлечение меди и молибдена из измельченной руды, поступающей с участка дробления. Процесс флотации молибдена включает разделение медного и молибденового концентратов, полученных в рамках коллективной флотации, чтобы произвести два отдельных концентрата. Медный концентрат должен иметь концентрацию меди в 25 % и более, в то время как молибденовый концентрат должен иметь концентрацию в 20 % и более.

Флотационный процесс происходит в группе флотационных колонн или флотомашин (рис 2). Хотя колонны и машины отличаются по форме и конфигурации, они работают по схожему принципу пенной флотации, используемой для разделения частиц.

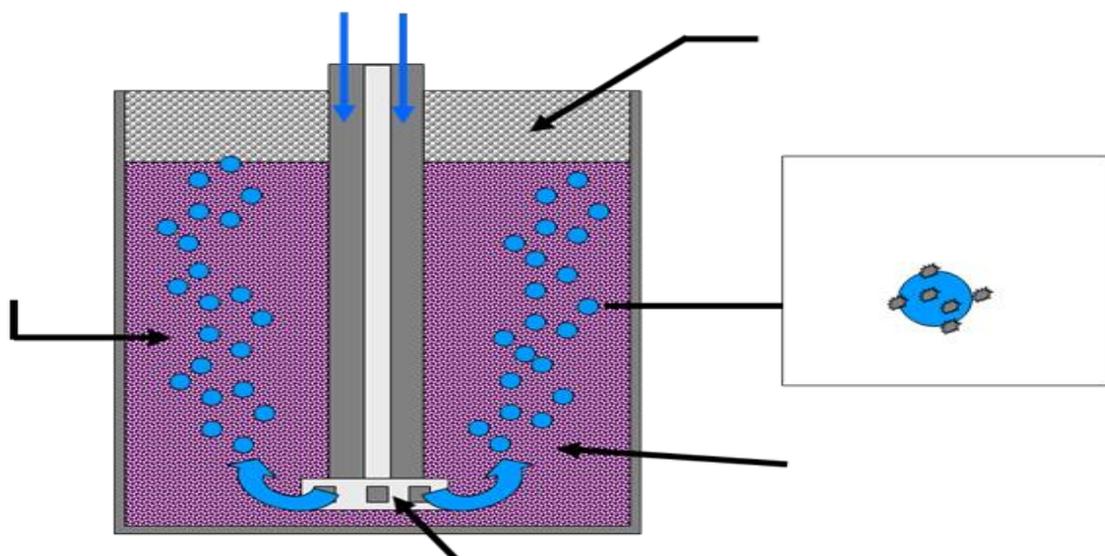


Рисунок 2 – Общий принцип работы флотомашины и прямой флотации

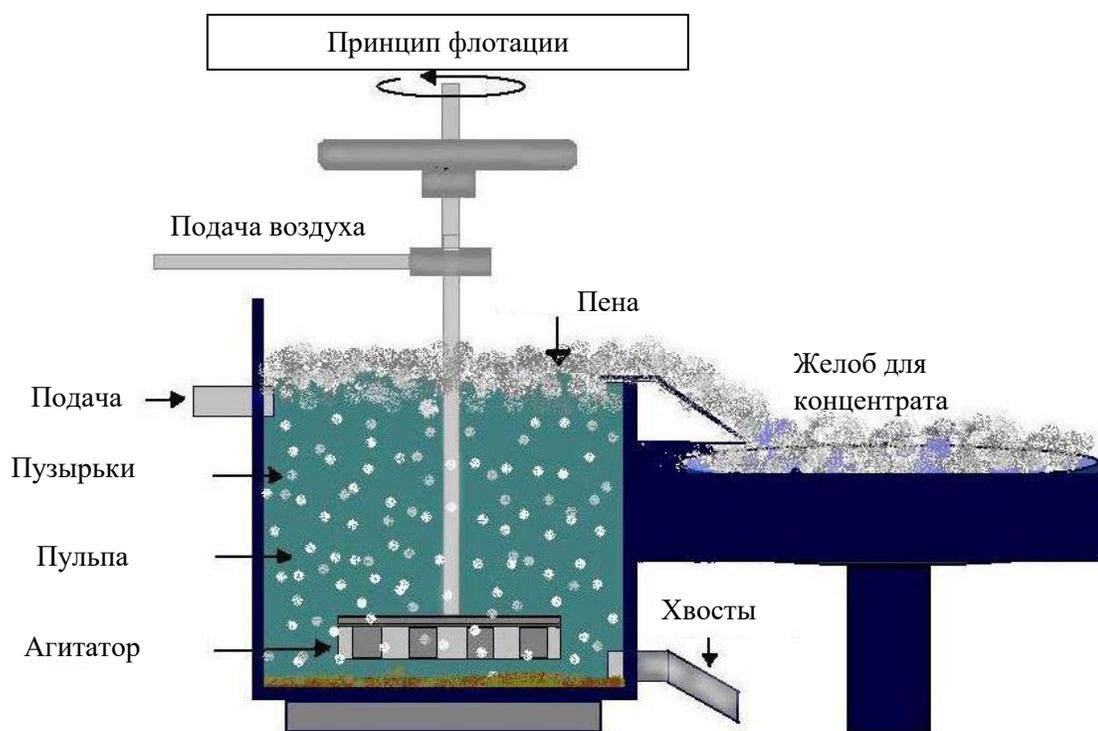


Рисунок 3 – Принцип флотации

Это цилиндрическая емкость, содержащая пульпу, к которой подается воздух и в которой образуется слой пены. Поэтому флотомашины устанавливаются в несколько рядов называемых "блоком" или "линией". В одном блоке или линии может быть установлено до десяти флотомашин.

Флотомашины в одной линии расположены так, что каждая последующая машина установлена чуть ниже предыдущей. Для того, чтобы пульпа могла самотеком перетекать со дна одной флотомашины в другую.

Хвосты основной флотации проходят еще один этап пенной флотации, известной как контрольная флотация. По названию понятно, что функцией данной стадии флотации является "контрольный" сбор остатков ценного минерала, который не был выделен в процессе основной флотации. Получаемая пена отправляется на вторичный этап флотации. Хвосты контрольной флотации представляют собой конечные отходы производства и больше не перерабатываются. Обычно они называются конечными хвостами, и данный материал перекачивается на участок хранения производственных отходов либо на хвостохранилище.

2. Изучение вещественного состава сульфидной медной руды

На материале пробы исходной руды месторождения Актогай в условиях исследовательской лаборатории обогатительной фабрики нами были проведены исследования по ситовому анализу пробы исходной руды. Определяли в каждом классе крупности содержание меди, серы, железа и распределение их по классам крупности.

В таблице 2.1 приведены результаты ситового анализа. На рисунке 1.1 приведена гранулометрическая характеристика пробы руды с распределением меди по классам крупности.

По результатам ситового анализа установлено, что материал пробы по классам крупности распределяется неравномерно, концентрируясь преимущественно в крупных классах в интервале крупности $-2+0,5$ мм. В данном диапазоне сосредоточено более 62% материала. Еще 15% пробы фиксируется в крупном классе $-0,5+0,2$ мм. В нижних классах крупности материал распределяется равномерно с незначительными выходами фракций от 3,67 до 7,76%.

Содержание меди в пробе исходной руды по данным гранулометрического анализа составляет 0,93%. В разных классах крупности этот показатель варьирует в диапазоне 0,75-1,76%. Крупные классы характеризуются пониженными содержаниями ценного компонента. Максимальное содержание меди фиксируется в классе крупности $-0,045+0,020$ мм. Распределение меди в пробе руды месторождения «Актогай» неравномерное и одномодальное. Наблюдается плавное повышение содержания меди от верхних классов к нижним. Раскрытие меди прослеживается в интервале крупности $-0,2+0$ мм. Модальный пик по раскрытию меди установлен в классе крупности $-0,045+0,020$ мм. Степень концентрации меди в данном классе достигает 1,9 условных единиц и в смежных классах крупности снижается незначительно: до 1,7 условных единиц.

Содержание серы в пробе руды по данным ситового анализа составляет 1,17% и по классам крупности варьирует в диапазоне 0,93-2,23%.

Массовая доля железа в руде месторождения «Актогай» составляет 2,23%. В разных классах крупности этот показатель изменяется от 1,91 до 3,5%.

Таблица 2.1 – Гранулометрическая характеристика пробы руды месторождения «Актогай»

Клас крупности, мм	Выход класса,%	Суммарн ый выход, %	Содержан ие Cu, %	Распреде ние Cu,%	Содержан ие S,%	Распреде ние S, %	Содер жание Fe, %	Распре деление Fe, %
-2+1	37,55	100,0	0,78	31,58	0,96	30,77	2,02	34,01
-1+0,5	24,85	62,45	0,79	21,17	0,93	19,73	1,91	21,28
-0,5+0,2	15,05	37,60	0,75	12,17	0,97	12,46	1,99	13,43
-0,2+0,071	7,76	22,55	1,10	9,20	1,89	12,51	2,79	9,70
- 0,071+0,045	3,67	14,80	1,59	6,30	2,23	6,99	3,22	5,30
- 0,045+0,020	4,39	11,12	1,76	8,33	2,18	8,17	3,50	6,89
-0,020+0	6,73	6,73	1,55	11,26	1,63	9,37	3,11	9,39
Итого	100,00	-	0,93	100,0	1,17	100,0	2,23	100,0

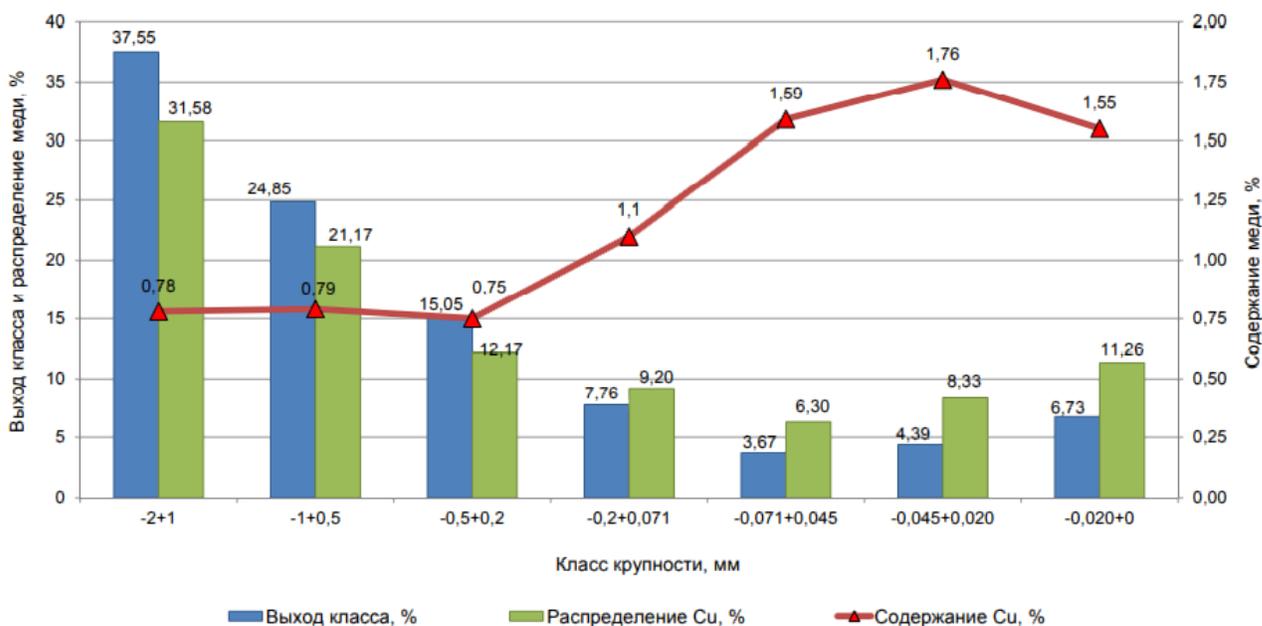


Рисунок 4 – Гранулометрическая характеристика пробы руды месторождения «Актогай» с распределением меди по классам крупности

2.2 Химический состав руды

Химический состав исходной пробы руды месторождения «Актогай» определяли с использованием оптико-эмиссионного, атомно-абсорбционного, ИК-спектроскопического, гравиметрического, титриметрического и фотометрического методов анализа. Содержание золота и серебра определено

методом прямого пробирного анализа. Химический состав пробы представлен в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Химический состав пробы руды месторождения «Актогай»

Элементы,компоненты	Массовая доля,%	Элементы,компоненты	Массовая доля,%
SiO ₂	61,6	Pu	<0,002
Al ₂ O ₃	16,1	Zn	0,0046
CaO	2,7	As	<0,003
Na ₂ O	6,4	Sb	<0,005
K ₂ O	3,5	Ba	0,068
MgO	1,7	Bi	<0,001
MnO	0,032	Cd	<0,0002
P ₂ O ₅	0,26	Cr	0,0033
TiO ₂	0,77	Co	0,0016
C _{общ}	0,033	Mo	0,014
Fe _{общ}	2,18	Ni	0,00073
Fe _{сульфид}	1,0	Sn	<0,005
Fe _{оксид}	1,18	Sr	0,031
S _{общ}	1,06	W	<0,010
Cu _{общ}	0,84	Au, г/т	<0,04
Cu _{сульфид}	0,84	Ag, г/т	1,25

Проба исходной руды месторождения «Актогай» на 92% представлена литофильными компонентами. Основным из них является кремнезем, его доля составляет 61,6% от общей массы пробы. Глинозем присутствует в пробе в количестве 16,1%. Сумма оксидов щелочных и щелочноземельных металлов составляет 14,3%. Среди них существенно преобладают щелочные металлы, причем доля оксида натрия почти в два раза больше оксида калия: 6,4% против 3,5%.

Рудообразующие компоненты представлены железом, серой и медью.

Массовая доля железа в пробе составляет 2,18%. Оно равномерно распределяется на сульфидную и окисленную формы с небольшим преобладанием последнего. Доля серы в пробе находится на уровне 1,06%, сера в полном объеме входит в состав сульфидов. Из цветных металлов в пробе руды месторождения «Актогай» обращает на себя внимание медь, доля которой составляет 0,84%. Другие цветные металлы отмечаются в количестве сотых и тысячных долей процента и не представляют промышленной ценности.

Медь является ценным компонентом. Для выяснения форм нахождения меди выполнен ее фазовый анализ, результаты которого представлены в таблице 2.3

Таблица 2.3 – Результаты фазового анализа меди в пробе исходной руды

Величина	Формы нахождения меди, %		
	Общее количество	Медь первичных сульфидов	Медь вторичных сульфидов
Абс	0,84	0,75	0,09
Отн	100,0	89,0	11,0

В результате фазового анализа меди установлено, что медь в полном объеме входит в состав сульфидных минералов. Окисленные минералы меди отсутствуют в пробе руды месторождения «Актогай». Медь в сульфидах распределяется на первичные сульфиды меди – 89% и вторичные сульфиды меди – 11% от общей массы компонента.

2.3 Минеральный состав руды

Для определения минерального состава исходной пробы руды месторождения «Актогай» выполнен дифрактометрический анализ, который позволяет определить состав пробы по основным минералам, доля которых в пробе более 1%. Наличие и количество некоторых минералов уточняли с применением электронного микроскопа. Минеральный состав, определенный по результатам комплекса исследований, приведен в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Минеральный состав пробы руды

Минералы	Массовая доля, %
Породообразующие минералы	
Кварц	20,0
Плагиоклазы	42,0
Калиевые полевые шпаты	12,0
Мускавит	11,0
Парагонит	2,0
Хлорит	7,0
Кальцит	0,3
Рудообразующие минералы	
Пирит	0,7
Халькопирит	2,1
Борнит, ковеллин, халькозин	0,2
Молибденит, сфалерит	Ед. знаки
Гидроксиды железа	0,8
Акцессорные минералы	
Минералы титана, амфиболы, пироксены, апатит, барит	1,9
Итого:	100,0

По результатам минералогического анализа установлено, что проба руды месторождения «Актогай» на 94% составлена породообразующими минералами. Среди них существенно преобладают полевые шпаты, суммарное количество которых составляет 54%. В данной группе плагиоклазы преобладают над калиевыми полевыми шпатами. Доля кварца находится на уровне 20%. Сумма различных слюдястых минералов, таких как мусковит, парагонит и хлорит, составляет 20%. Кальцит отмечается в незначительном количестве (0,3%).

Рудообразующие минералы представлены различными сульфидами, а также гидроксидами железа. Суммарная доля сульфидов составляет 3% и по количеству сульфидов проба характеризует мало-сульфидный тип руды. Среди сульфидов преобладает халькопирит – 2,1%. Вторичные сульфиды меди, расположенные по убыванию (борнит, ковеллин и халькозин), в сумме составляют 0,2%. Сульфид железа пирит находится в пробе в количестве 0,7%.

Доля гидроксидов железа составляет в пробе 0,8%. Степень окисления руды, рассчитанная по железу, составляет 34%. Такой показатель позволяет отнести пробу к смешанному, близкому к первичному, типу руд. По степени окисления меди проба характеризует первичный тип руды.

2.4 Фракционный анализ руды

На пробе исходной руды выполнен фракционный анализ. Результаты данного анализа показывают распределение ценного компонента и компонентов-спутников по классам крупности, по тяжелым, легким и магнитным фракциям в каждом классе крупности.

С этой целью пробу исходной руды расситовывали. Каждый класс фракционировали в бромформе (тонкий класс с помощью центрифугирования). Из тяжелых фракций выделяли магнитную фракцию. В пробе исходной руды месторождения «Актогай» магнитной фракции не обнаружено.

Все полученные продукты в результате фракционного анализа переданы на химический анализ для определения содержания меди, железа и серы и расчета распределения компонентов по фракциям.

В таблице 2.5 представлены результаты фракционного анализа пробы с указанием содержания и распределения меди, железа и серы в легких и тяжелых фракциях в разных классах крупности. На рисунке 1.2 представлено содержание меди по классам крупности в различных фракциях руды.

Таблица 2.5 – Результаты фракционного анализа пробы исходной руды

Классы крупности, мм	Наименование фракции	Выход фракции, %	Содержание, %			Распределение, %		
			Cu	Fe	S	Cu	Fe	S
-2+1	тяжелая	0,7	2,97	17,50	7,35	2,5	4,8	4,7
	легкая	45,8	0,72	2,02	0,81	39,0	36,4	33,5
	итого	46,5	0,75	2,25	0,91	41,4	41,2	38,2
-1+0,5	тяжелая	0,5	3,71	21,80	10,0	2,2	4,3	4,5
	легкая	20,4	0,62	1,93	0,73	14,9	15,5	13,5
	итого	20,9	0,69	2,41	0,95	17,1	19,8	18,0
-0,5+0,25	тяжелая	0,5	5,57	19,00	14,40	3,3	3,7	6,5
	легкая	10,4	0,49	1,77	0,52	6,0	7,2	4,9
	итого	10,9	0,72	2,56	1,16	9,3	11,0	11,4
-0,25+0,16	тяжелая	0,3	4,99	17,70	11,20	1,8	2,1	3,0
	легкая	3,6	0,39	1,73	0,37	1,7	2,5	1,2
	итого	3,9	0,74	2,96	1,20	3,4	4,5	4,2
-0,16+0,071	тяжелая	0,7	6,98	14,90	12,00	5,8	4,1	7,6
	легкая	4,9	0,30	1,82	0,28	1,7	3,5	1,2
	итого	5,6	1,14	3,46	1,75	7,5	7,6	8,8
-0,071+0	тяжелая	1,5	9,69	14,50	12,00	17,2	8,6	16,3
	легкая	10,7	0,32	1,73	0,32	4,0	7,3	3,1
	итого	12,2	1,47	3,30	1,76	21,2	15,8	19,4
Итого	тяжелая	4,2	6,58	16,70	11,22	32,6	27,6	42,6
	легкая	95,8	0,60	1,92	0,66	67,4	72,4	57,4
Всего		100,0	0,85	2,54	1,11	100,0	100,0	100,0



Рисунок 5 – Фракционный состав и содержание меди в различных фракциях пробы исходной руды

Распределение материала по классам крупности при выполнении фракционного анализа пробы подтверждает результаты гранулометрической характеристики пробы исходной руды. Основная масса материала концентрируется в интервале крупности $-2+0,5$ мм.

Основная масса материала в пробе руды месторождения «Актогай» сосредоточена в легких фракциях. Их суммарный выход составляет около 96%. Содержание меди здесь составляет 0,6%. Распределение меди в легкую фракцию порядка 67% указывает на то, что часть сульфидов меди тонко вкраплена в порообразующих минералах. Наибольшее распределение меди в легкой фракции фиксируется в крупных классах в интервале крупности $-2+0,5$ мм. В тонких классах, начиная с класса крупности $-0,16+0,071$ мм происходит раскрытие медных минералов и перераспределение в тяжелые фракции.

Суммарный выход тяжелой фракции составляет 4,2%, а распределение в нее меди – 32,6%. Следовательно, для увеличения доли меди в тяжелой фракции необходимо доизмельчение крупных классов для раскрытия медных минералов.

2.5 Минералого-технологические характеристики халькопирита

Для изучения минералого-технологических характеристик халькопирита выполнено исследование пробы исходной руды на электронном микроскопе. Анализ выполняли на автоматизированном минералогическом комплексе Qemscan на базе электронного сканирующего микроскопа Quanta FEG 650F. Предметом исследований являлись брикетные шлифы, изготовленные из материала пробы крупностью около 60% 71 мкм. Параметры прибора настроены на режим РМА (минеральный анализ частиц). Обработка полученных данных производилась в программе IDiscover.

Медь в пробе исходной руды находится в форме сульфидов: 90% халькопирита, 10% вторичных сульфидов меди (см. таблицу 1.3). Окисленные минералы и формы меди не обнаружены. Доля халькопирита в пробе составила 2,1%. Технологическая информация представлена по халькопириту, основному минералу – носителю меди.

С использованием программного обеспечения изучены следующие технологические характеристики основного сульфида меди: крупность минеральных зерен, минеральные ассоциации, степень раскрытия минерала, качество сростков.

2.5.1 Гранулометрическая характеристика халькопирита

На рисунке 2.3 приведена гранулометрическая характеристика халькопирита при крупности руды около 60% класса -0,071 мм.

Из данных, представленных на рисунке 1.3, следует, что халькопирит распределяется по всем классам крупности в интервале 0-150 мкм. Максимальная доля сульфида меди фиксируется в классе 20-38 мкм, т.е. максимальное количество зерен халькопирита представлено размером 20-38 мкм. Значительная часть зерен присутствует в классах крупности 10-20 и 45-71 мкм: 23,6 и 13,9% соответственно. Тонкодисперсный халькопирит размером 0-5 мкм составляет 3,91% от общей массы минерала. На долю «крупных» зерен халькопирита размером более 71 мкм приходится 12,5% от общей массы минерала.

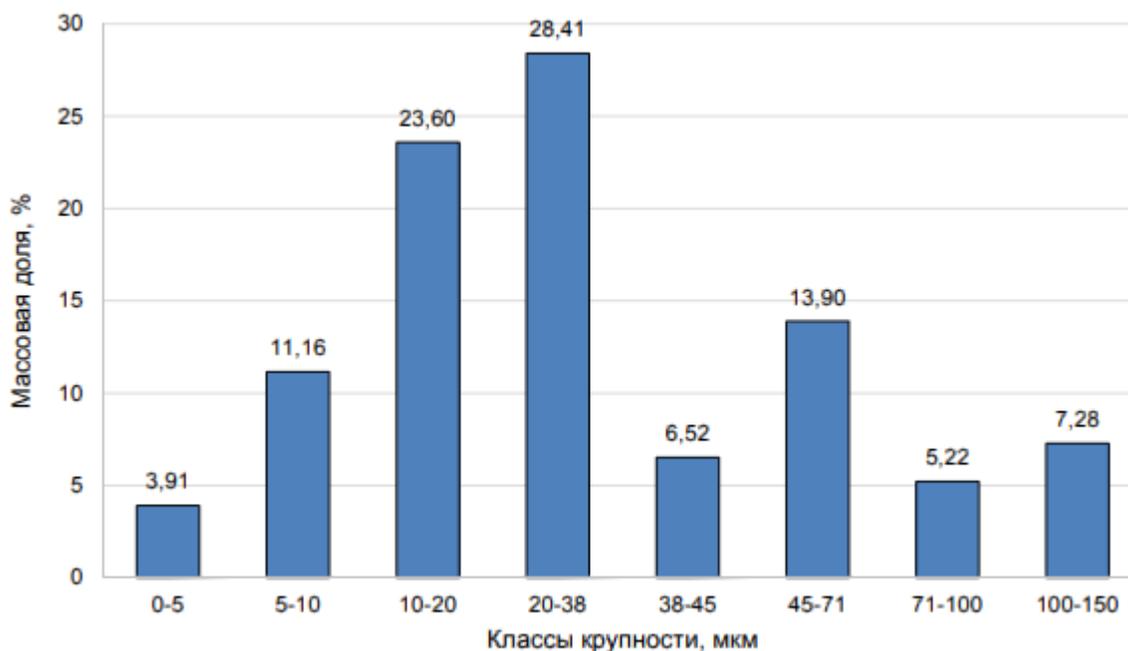


Рисунок 6 – Гранулометрическая характеристика халькопирита

2.5.2 Качество сростков и степень раскрытия халькопирита

Халькопирит, находящийся в сростках, можно охарактеризовать по различным параметрам: качество сростков (по доле в них халькопирита), степень раскрытия халькопирита в сростках.

Распределение минерала по качеству сростков показывает долю халькопирита в составе сростков. Показатель степени раскрытия показывает долю открытой поверхности минерала в составе сростка. По качеству сростков

и по степени раскрытия минералы делятся на категории. В каждой категории доля исследуемого минерала в сростке и доля открытой поверхности в сростке выражена в процентах от общей массы зерна. В таблице 2.6 приведено описание категорий по степени раскрытия и по качеству сростков.

Эти показатели близки между собой, т.к. по качеству сростков наиболее богатые минералом зерна (чистые и почти чистые) находятся, как правило, по степени раскрытия в категориях свободных и раскрытых зерен. Сростки среднего качества и бедные минералом сростки соответствуют зернам со средней степенью раскрытия. И бедные минералом сростки наиболее часто являются полностью закрытыми зернами. В категориях сростков среднего качества и в разной степени раскрытых зерен происходит незначительное перераспределение исследуемого минерала.

Таблица 2.6 – Категории качества сростков и раскрытия минералов

Категория качества зерен	Категория раскрытия зерен	Доля минерала в сростке/ Процент открытой минеральной поверхности частицы, %
Чистые	Свободные	100
Практически чистые	Раскрытые	$90 < x \leq 100$
Богатые	Частично раскрытые	$60 < x \leq 90$
Среднего качества		$30 < x \leq 60$
Бедные		$10 < x \leq 30$
Очень бедные	Практически закрытые	$0 < x \leq 10$
-	Закрытые	0

На рисунке 2.4 представлено распределение халькопирита по качеству сростков. Видно, что по качеству сростков 46,52% халькопирита находятся в виде полностью чистых зерен. Массовая доля зерен, в составе которых от 90 до 100% халькопирита, составляет 20,51%. Другие, наиболее бедные по качеству сростки с халькопиритом равномерно распределяются по различным категориям качества. Доля халькопирита в очень бедных минералом сростках составляет 6,33%.

На рисунке 2.5 представлено распределение халькопирита по степени раскрытия. Здесь представлены зерна халькопирита, поверхность которых является открытой частично или полностью. В категории 0% присутствуют полностью закрытые зерна халькопирита, к которым отсутствует доступ реагентов. Доля таких зерен в пробе руды месторождения «Актогай» составляет около 1%.

Количество полностью раскрытых (свободных) зерен халькопирита составляет 47,45%. Этот показатель несколько выше показателя чистых зерен, т.к. полностью раскрытые зерна сульфида меди, в отличие от чистых зерен,

могут нести внутри себя включения других минералов. Массовая доля раскрытых зерен, поверхность которых раскрыта на 90-100%, составляет 14,77%. В других категориях раскрытия (частично раскрытые) халькопирит распределяется с незначительными колебаниями показателей: от 8,95 до 13,04%. Доля практически закрытых зерен халькопирита в сростках составляет 4,74%.

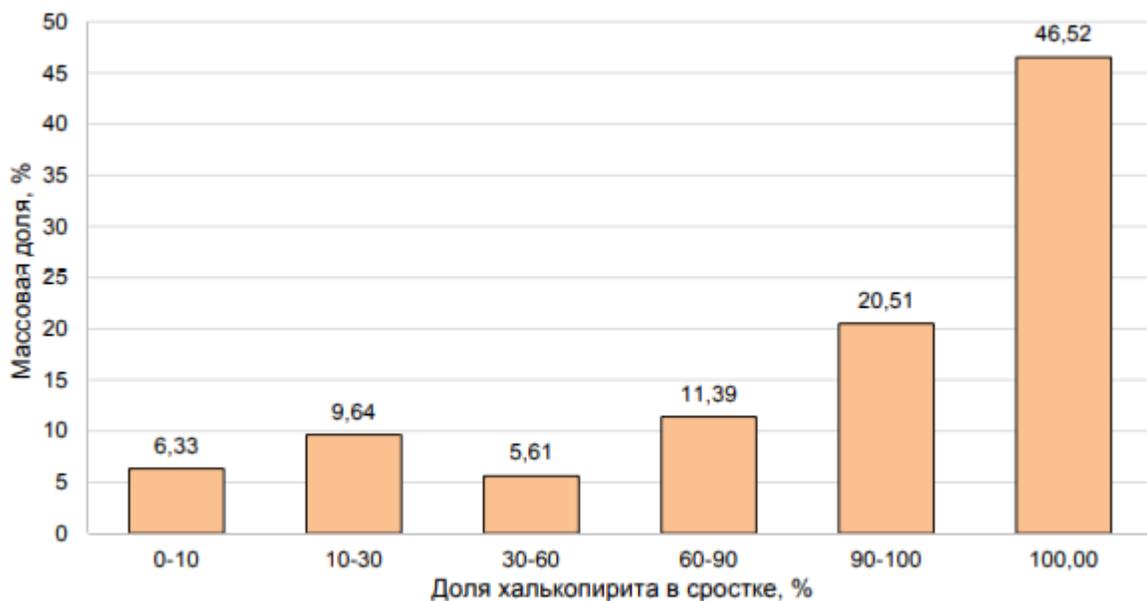


Рисунок 7 – Распределение халькопирита по качеству сростков

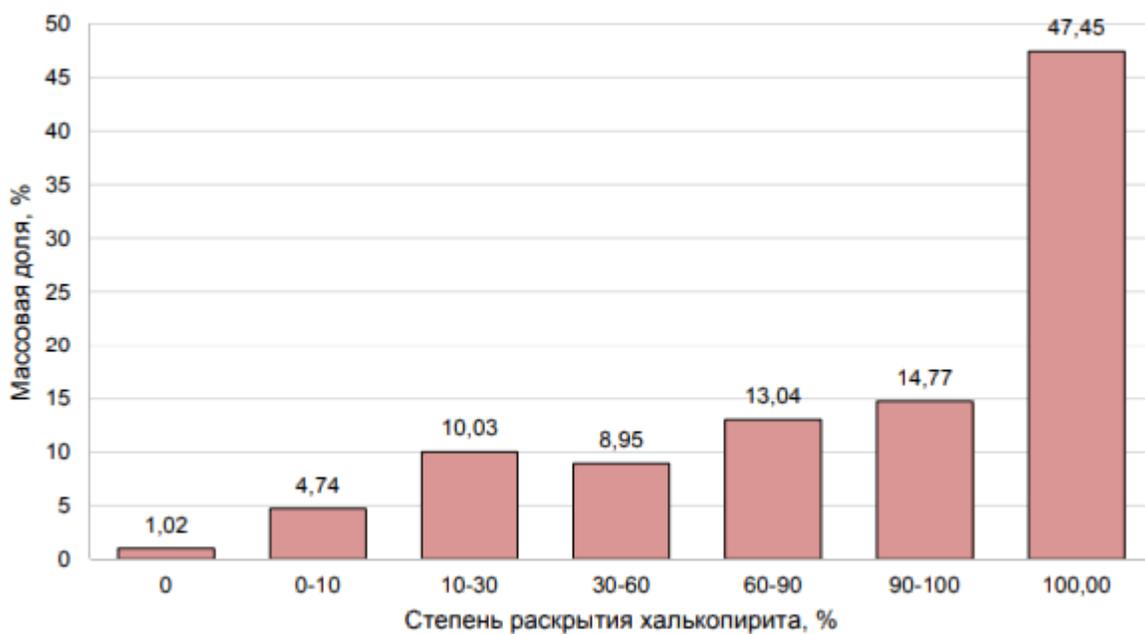


Рисунок 8 – Распределение халькопирита по степени раскрытия

2.5.3 Комплексное распределение халькопирита

В таблице 2.7 приведена комплексная информация о распределении халькопирита по классам крупности и степени раскрытия зерен.

Таблица 2.7 – Комплексное распределение халькопирита

Класс крупности, мм	Категория раскрытия зерен							Итого, %
	Закрытые	Практически закрытые	Частично раскрытые	Частично раскрытые	Частично раскрытые	Раскрытые	Свободные	
	0	0-10	10-30	30-60	60-90	90-100	100,00	
0-5	0,13	0,36	0,28	0,19	0,07	0,02	2,86	3,91
5-10	0,34	0,94	1,19	0,61	0,50	0,06	7,53	11,16
10-20	0,36	1,96	2,59	2,47	1,95	0,60	13,66	23,60
20-38	0,11	0,95	3,46	1,94	4,37	3,96	16,63	28,41
38-45	0,00	0,03	0,54	1,18	0,69	1,27	2,81	6,52
45-71	0,08	0,50	1,71	1,64	3,14	3,13	3,96	13,90
71-100	0,00	0,00	0,26	0,93	1,01	1,12	1,90	5,22
100-150	0,00	0,00	0,00	0,00	1,31	4,61	1,36	7,28
Итого	1,02	4,74	10,03	8,95	13,04	14,77	47,45	100,0

По данным, представленным в таблице 2.7, установлено, что закрытые и практически закрытые зерна халькопирита сосредоточены преимущественно в тонких классах в интервале крупности 0-38 мкм. Отмечаются доли халькопирита крупностью 45-71 мкм, входящего в состав практически закрытых сростков. Частично раскрытые зерна халькопирита распределяются по всем классам крупности. Отмечается прямая зависимость крупности минерала и степени раскрытия: чем больше степень раскрытия халькопирита, тем крупнее зерна присутствуют в данной категории. Раскрытые зерна сосредоточены в основном в интервале крупности 20-150 мкм. Свободные зерна распределяются по всем классам крупности, преобладая в интервале 10-38 мкм.

2.5.4 Минеральные ассоциации халькопирита

Минеральные ассоциации показывают, какое количество минерала – носителя ценного компонента находится в сростках со всеми минералами в пробе руды. Таким образом, в таблице 2.8 приведено распределение халькопирита по минералам. Ассоциация халькопирита с фоном указывает на долю свободной поверхности минерала, к которой имеется доступ раствора и реагентов.

Таблица 2.8 – Минеральные ассоциации халькопирита

Минерал, группа минералов – носитель	Массовая доля халькопирита, %
Фон	60,74
Полевые шпаты	12,67
Кварц	11,69
Слюда	8,63
Хлорит	1,26
Карбонаты	0,52
Пирит	1,13
Борнит	0,34
Ковеллин-Халькозин	0,03
Сульфосоли	0,02
Молибденит	0,04
Акцессорные	2,81
Оксиды/Гидроксиды Fe	0,12
Итого	100,0

По данным таблицы 2.8 установлено, что количество свободной поверхности халькопирита составляет 60,74%. Основными минералами – носителями халькопирита являются, в порядке убывания, полевые шпаты, кварц и слюда. Около 3% халькопирита ассоциирует с различными акцессорными минералами (см. таблицу 2.4). По 1,13-1,26% халькопирита находится в ассоциации с пиритом и хлоритом. С другими минералами, включая вторичные сульфиды меди, отмечаются десятые и сотые доли халькопирита в сростках.

На рисунке 2.6 приведена карта минеральных частиц, разложенных по крупности зерен халькопирита.

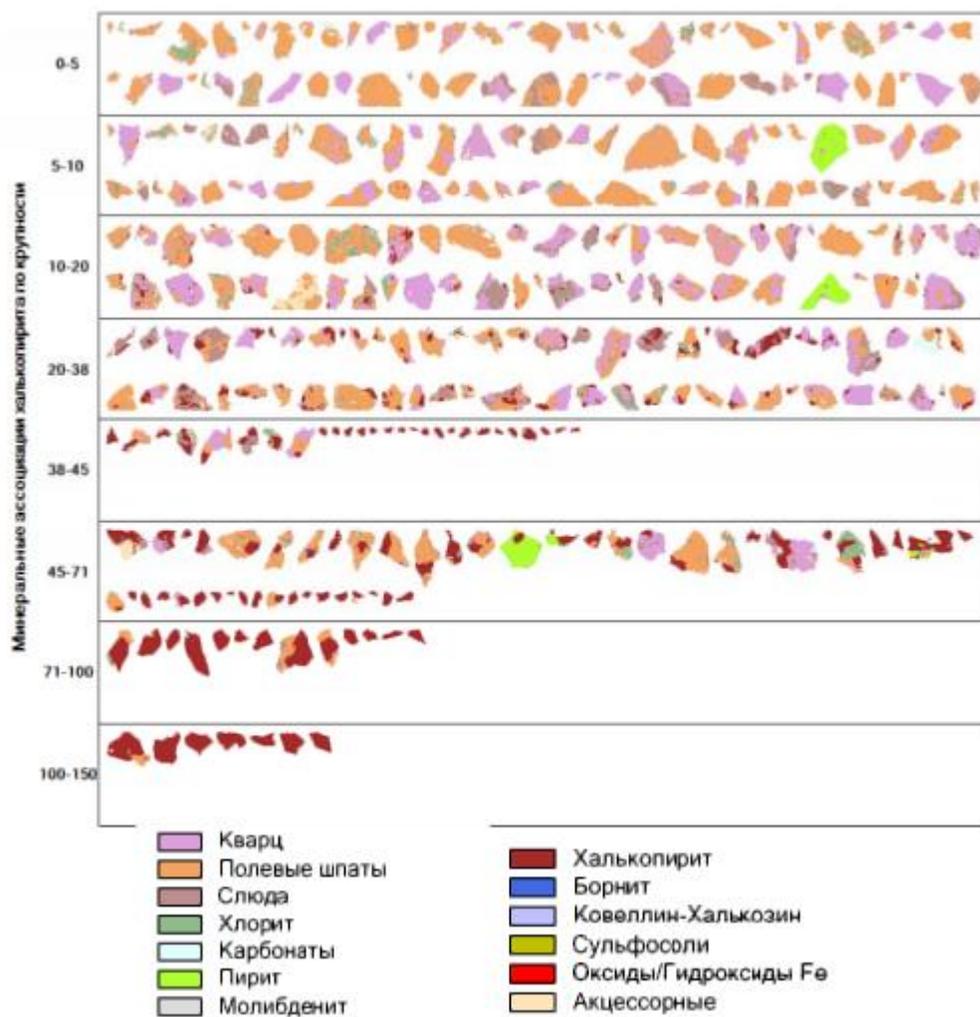


Рисунок 9 – Карта минеральных частиц, разложенных по крупности зерен халькопирита

3 Изучение физико-механических свойств руды

На горнодобывающих предприятиях основные затраты энергии связаны с циклами дробления и измельчения. Для правильного выбора дробильно-измельчительного оборудования необходимо провести исследования на представительных пробах руды.

Тесты по определению рабочих индексов дробления, измельчения, абразивности, а также прочности свойств руды служат для получения в лабораторных условиях показателей, на основании которых рассчитывают параметры (размеры, мощность) промышленных дробилок и мельниц.

По методике Бонда измельчаемость и дробимость характеризуется «индексом чистой работы» (W_i), то есть количеством электроэнергии, необходимым для дробления (измельчения) одной тонны руды до определенной крупности, без учета расхода электроэнергии, затраченной на холостой ход и механические потери.

Для изучения физико-механических и прочностных свойств руды месторождения «Актогай» определены рабочие индексы ударного дробления, шарового измельчения, абразивности, а также определены пределы прочности при одноосном растяжении и сжатии. Кроме этого, для оценки физических свойств руды были определены следующие показатели: насыпной вес; удельный вес; угол естественного откоса; пористость; коэффициент пористости; коэффициент разрыхления.

Общий вид тестированных образцов руды месторождения «Актогай» представлен на рисунке 3.1



Рисунок 10 – Общий вид тестированных образцов пробы руды месторождения «Актогай»

3.1 Результаты определения предела прочности руды одноосном растяжении и сжатии

Предел прочности руды при одноосном растяжении и сжатии определяют согласно ГОСТ 21153.3 (аналог теста UCS). Метод предназначен для исследовательских испытаний горных пород с целью комплексного определения пределов прочности при одноосном растяжении и сжатии.

Сущность метода определения предела прочности при растяжении заключается в измерении разрушающей силы при раскалывании образцов пластинчатой и брусчатой формы; при определении предела прочности при

сжатии – в измерении разрушающей силы (МПа) сжатия при раздавливании образцов кубообразной формы.

По результатам определения прочностных свойств при одноосном сжатии образцов руды можно классифицировать по шкале профессора М.М. Протодяконова (коэффициент крепости по Протодяконову).

Тесты выполняют на специальном лабораторном прессе, снабженном различными раздавливающими устройствами (соосные клинья, параллельные площадки).

Результаты определения пределов прочности при одноосном растяжении и сжатии представлены в таблицах 3.2 и 3.3.

Таблица 3.2 – Результаты определения предела прочности при растяжении

Наименование пробы	Результаты теста на растяжение				
	Количество испытанных образцов, шт	Средняя толщина, см	Средняя длина линии раскола, см	Разрушающая сила, кН	Предел прочности, МПа
Проба руды Актогай	20	2,00	3,90	14,48	18,56

Таблица 3.3 – Результаты определения предела прочности при сжатии

Наименование пробы	Результаты теста на сжатие				
	Количество испытанных образцов, шт	Средняя толщина, см	Разрушающая сила, кН	Предел прочности, МПа	Коэффициент крепости руды по шкале Протодяконова
Проба руды Актогай	20	4,00	40,80	102,0	10,2 очень крепкие, II категории

На основании полученных результатов можно заключить, что исследованная проба руды характеризуется как «очень твердая» руда по отношению к одноосному растяжению.

По отношению к одноосному сжатию, по шкале М.М. Протодяконова исследованная проба руды месторождения «Актогай» представлена «очень крепкой» рудой II категории. Данная категория крепости по общепринятой классификации руд соответствует III категории дробимости – «твердые руды»

3.2 Результаты определения рабочего индекса абразивности

Рабочий индекс абразивности по Бонду (A_i) – это коэффициент, который используют для расчета скорости износа футеровки в дробилках и мельницах, а также расхода шаров, стержней и бандажей.

По методике Бонда дробление материала осуществляют в специальной лабораторной роторной дробилке лопаткой из хромоникельмолибденовой стали, определенных размеров и твердости, которая взвешивается перед испытаниями с точностью 0,1 мг.

В дробилку последовательно загружают 4 навески пробы руды крупностью минус 19+12,5 мм весом по 400 грамм. Каждую навеску дробят в течение 15 минут при скорости вращения ротора 632 об/мин.

После дробления материал 4х навесок объединяют, определяют его гранулометрический состав и взвешивают лопатку. Разница в массе лопатки до измельчения и после измельчения и есть коэффициент абразивности по Бонду. Результаты определения индекса абразивности Бонда (A_i) представлены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 Результаты определения рабочего индекса абразивности

Наименование пробы	Результаты теста на абразивности				
	Масса навески, г	Вес лопатки до измельчения, г	Вес лопатки после измельчения, г	Разгрузка дробилки P_{80} , мкм	Индекс абразивности $A_{i,r}$
Проба руды Актогай	1600,0	87,3758	87,0574	12 199,14	0,3184

Индекс абразивности для пробы руды месторождения «Актогай» составил 0,3184 г. Данное значение индекса характеризует исследованную пробу руды как «умеренно абразивную».

3.3 Результаты определения рабочего индекса ударного дробления

Тест на дробимость руды по методике Бонда (рабочий индекс дробления SW_i) служит для определения в лабораторных условиях показателей, на основании которых рассчитывают параметры (размеры, мощность) промышленных дробилок. Рабочий индекс ударного дробления определяют по результатам разрушения исследуемых образцов руды на лабораторной установке двумя молотками, движущимися навстречу друг другу.

В соответствии с данной методикой из исходной руды отбирают не менее 10 кусков руды крупностью минус 75+50 мм. Часто используют специально подготовленные образцы с ровной поверхностью или kern. Масса каждого образца (с точностью до 0,1 гр.), его толщина (мм) и плотность (г/см³) фиксируются в протоколе проведения измерений.

Испытания проводят следующим образом. Образец устанавливают на подставку между молотками маятникового типа. С помощью штурвала молотки разводят в стороны на 10° затем их отпускают, после чего они одновременно ударяют по боковым поверхностям образца. Если образец не разрушается, то угол подъема молотков последовательно увеличивают на 50 и снова ударяют ими по образцу. Эксперимент продолжают до тех пор, пока не произойдет разрушение образца. По данным экспериментов определяют среднюю величину индекса ударного дробления Бонда для исследуемой руды.

Результаты определения рабочего индекса дробления Бонда (CWi) представлены в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Результаты определения рабочего индекса ударного дробления

Наименование пробы	Результаты теста на дробления				
	Количество испытанных образцов, шт	Средняя толщина, мм	Средняя плотность, г/см ³	Средний угол подъема маятника, град.	Индекс дробления (CWi).кВт ч/т
Проба руды Актогай	20	55,2	2,66	29,75	4,83

На основании результатов исследований можно заключить, что проба руды месторождения «Актогай» характеризуется низким рабочим индексом ударного дробления.

Исследования по определению эффективности реагентов пенообразователей.

В условиях исследовательской лаборатории Актогайской обогатительной фабрики проведены испытания по определению эффективности реагентов компании Basf и Solvay. Компания Basf представила следующие реагенты пенообразователи DP-ОМС-1427; DP-ОМС-1454; DP-ОМС-1432 в сравнении с реагентами фирмы Solvay OREPREP, ОТХ-140; OREPREP X-133 в цикле коллективной флотации сульфидной руды месторождения «Актогай».

4 Исследование по определению эффективности реагентов пенообразователей

4.1 Классификация флотационных реагентов

В условиях исследовательской лаборатории Актогайской обогатительной фабрики проведены испытания по определению эффективности реагентов компании Bas7 и Solvay. Компания Bas7 представила следующие реагенты пенообразователи DP-ОМС-1427; DP-ОМС-1454; DP-ОМС-1432 в сравнении с реагентами фирмы Solvay OREPREP - ОТХ-140; OREPREP X-133 в цикле коллективной флотации сульфидной руды месторождения Актогай.

Флотация – процесс разделения мелких твердых частиц (минералов) в водной суспензии (пульпе) или в растворе основанной на избирательной концентрации (адсорбции) частиц на границе раздела фаз в соответствии с их поверхностной активностью или смачиваемостью;

Флотационные реагенты – химические вещества предназначенные для направленного изменения поверхностных свойств границ раздела фаз с целью обеспечения условий разделенных минералов методом флотации;

Классификация флотационных реагентов – собиратели, регуляторы среды, пенообразователи, активаторы, реагенты депрессоры;

Собиратели – реагенты, избирательно сорбирующиеся на поверхности минерала, который необходимо перевести в пену и придающие частицам гидрофобные свойства;

Регуляторы среды – реагенты которые воздействует на жидкую фазу флотационной пульпы и предназначены для создания и поддержания ее требуемого ионного состава;

Пенообразователи – реагенты которые действуют на границе раздела жидкой и газообразной фаз и предназначены для создания и поддержания устойчивой пены;

Активаторы – реагенты которые действуют на границе раздела твердой и жидкой фаз и способствуют закреплению реагентов – собирателей на поверхности минеральных частиц;

Депрессоры – реагенты которые действуют на границе раздела твердой и жидкой фаз и препятствуют флотации минералов, которые не должны переходить из пульпы в пену.

Регуляторы среды – реагенты которые действуют на границе раздела твердой и жидкой фаз.

4.2 Исследование реагентов пенообразователей при флотации сульфидной медной руды Актогайского месторождения

Целью данной работы определить эффективность пенообразователей DP-OMC-1427; DP-OMC-1454; DP-OMC-1432 фирмы Bas7 и OREPREP - ОТХ-140; OREPREP X-133 фирмы Solvay в цикле коллективной флотации сульфидной руды.

Оценка в вспенивающей способности флотационных реагентов производилась путем непосредственных опытов в условиях исследовательской лаборатории Актогайской обогатительной фабрики.

Флотацию проводили в однокамерной флотационной машине FTM100 с объемом камеры 35л. Схема проведения тестовых флотационных испытаний в открытом цикле включала в себя операции основной и контрольной флотации.

Исходные данные представлены (химический состав образцов)

Продукт	Плотность	рН	Размер 180 μm	P80								
					Cu	Fe	Mo	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	SiO ₂	S
	33	9,0	83,5	165	0,560	2,3	0,009	14,80	1,92	1,30	62,89	1,34

Таблица 4.1 – Фазовый анализ (Cu)

	Cu Фазовый анализ			
	Первичные	Вторичные	Оксиды	Прочее
Содержание	0,33	0,22	0,012	0,562
соотношение	58,72	39,15	2,14	100

Согласно фазовому анализу содержание меди в руде на 58,7% предоставлены первичными сульфидными минералами и на 39,2% вторичными минералами.

Исследование по проведению лабораторных испытаний реагентов – пенообразователей DP.

Расход реагентов при флотации представлены в таблице 4.2

Таблица 4.2 – Расход реагентов

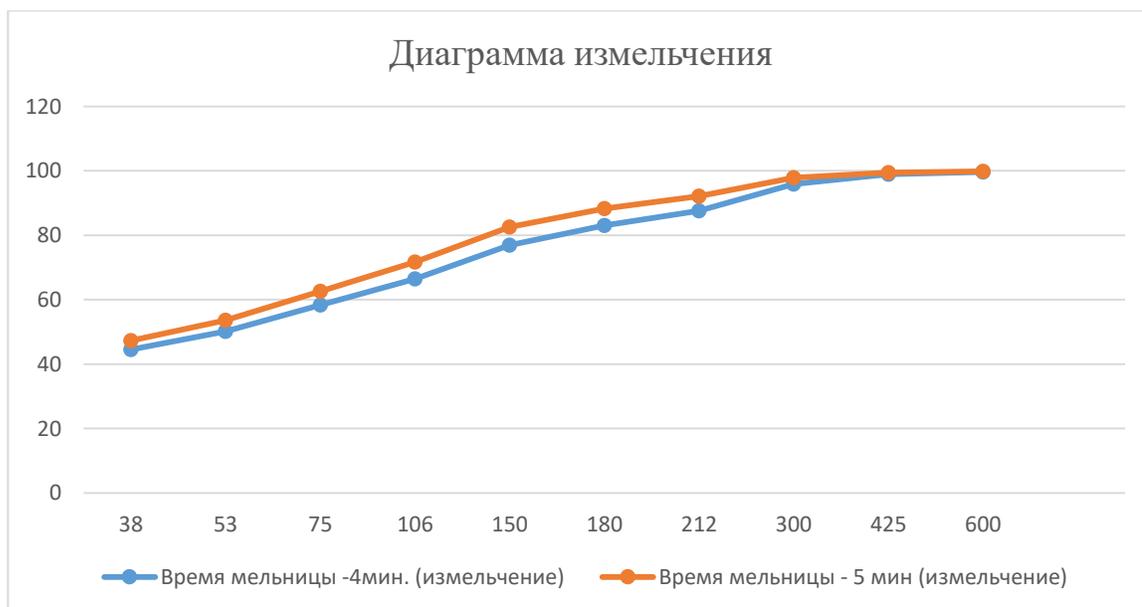
Коллективная флотация	Реагентный режим, г/т		
	IPETC	SIBX	Пенообразователь
Основная флотация	12+3	0	12
Контрольная флотация		10	3
Общее	15	10	15

В операции основной флотации изменялся тип вспенивателя и его расход. Данные лабораторного измельчения исследуемой руды представлены в таблице 4.3

Таблица 4.3 – Данные по измельчению

Размер, μm	Время мельницы–4 мин. (измельчение)		Время мельницы–5мин. (измельчение)	
	Инд.	Ком.	Инд.	Ком.
1000	0,34	100	0,15	100
600	0,76	99,66	0,41	99,85
425	3,06	98,9	1,59	99,44
300	8,29	95,84	5,73	97,86
212	4,5	87,55	3,83	92,13
180	6,13	83,05	5,79	88,3
150	10,46	76,92	10,86	82,51
106	8,14	66,46	9,07	71,65
75	8,16	58,32	8,96	62,58
53	5,66	50,15	6,28	53,63
38	44,5	44,5	47,34	47,34
0	100	0	100	0
P80, мкм	165		139	

Диаграмма измельчения представлена в таблице 4.4



Проведены тестовые флотационные лабораторные испытания в открытом цикле с использованием реагентов – пенообразователей которые представлены в таблице 4.5

Таблица 4.5 – Сводные данные по результатам тестов

Тип вспенивателя	Производитель	Выход, %	Cu Извлечено, %	Mo Извлечено, %	Cu, %	Mo, %	Эффективность обогащения по Cu, %
ОТХ-140	Solvay	11,6	87,7	85,0	4,40	0,065	76,6
X-133	Solvay	10,4	86,3	84,1	4,78	0,073	76,3
DP-ОМС-1427	Basf	11,9	87,4	85,7	4,23	0,067	76,0
DP-ОМС-1454	Basf	9,0	84,9	79,7	5,28	0,080	76,4
DP-ОМС-1432	Basf	10,9	86,6	80,8	4,59	0,069	76,1

Согласно сводным результатам флотационных тестов с пенообразователями BASF DP-ОМС-1427 и DP-ОМС-1432 получено извлечение меди в черновой концентрат незначительно выше (87,4 и 86,6 %) по сравнению со вспенивателем X-133 (86,3 %) производства Cytec-Solvay, разница 1,1 – 0,3%, в большей степени за счет более высокого выхода продукта при этом получен черновой концентрат с более низким содержанием 4,23% и 4,59%, чем с X-133 – 4,78.

При использовании вспенивателя ОТХ-140 извлечение меди в черновой концентрат получено выше, чем со вспенивателями Basf. Эффективность обогащения меди при использовании всех 5 вспенивателей практически одинаковая 76 – 76,6.

Извлечение молибдена выше при использовании DP-ОМС-1427, но при этом ниже содержание 0,067%.

Влияние типов вспенивателей на извлечение меди и молибдена и эффективность обогащения меди, и выход чернового концентрата приведены в виде диаграммы соответственно на рисунке 11 и 12.

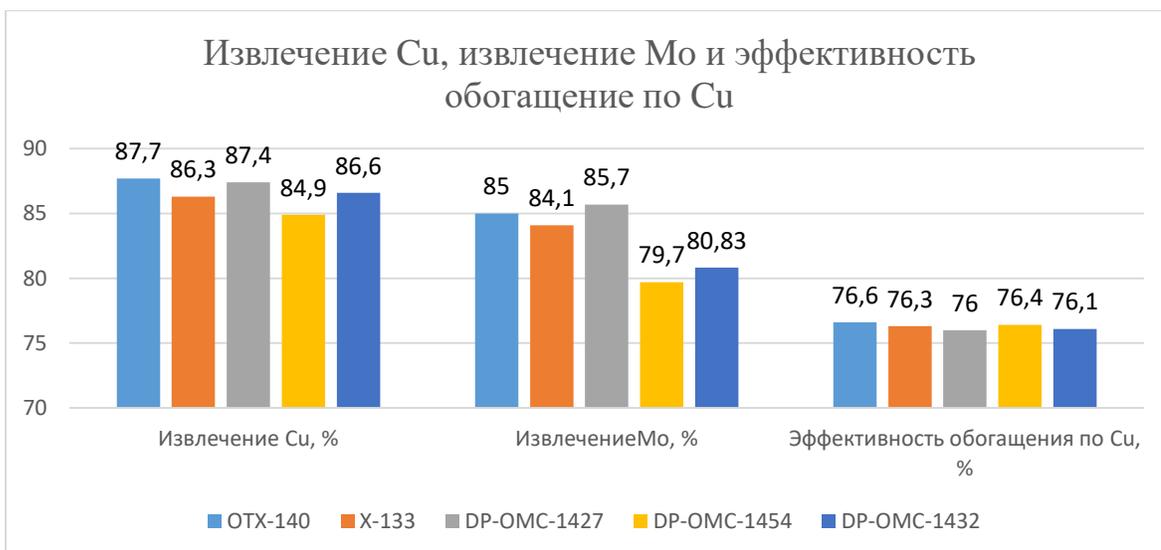


Рисунок 11 – Влияние типов вспенивателей на извлечение Cu и Mo, эффективность обогащения по Cu

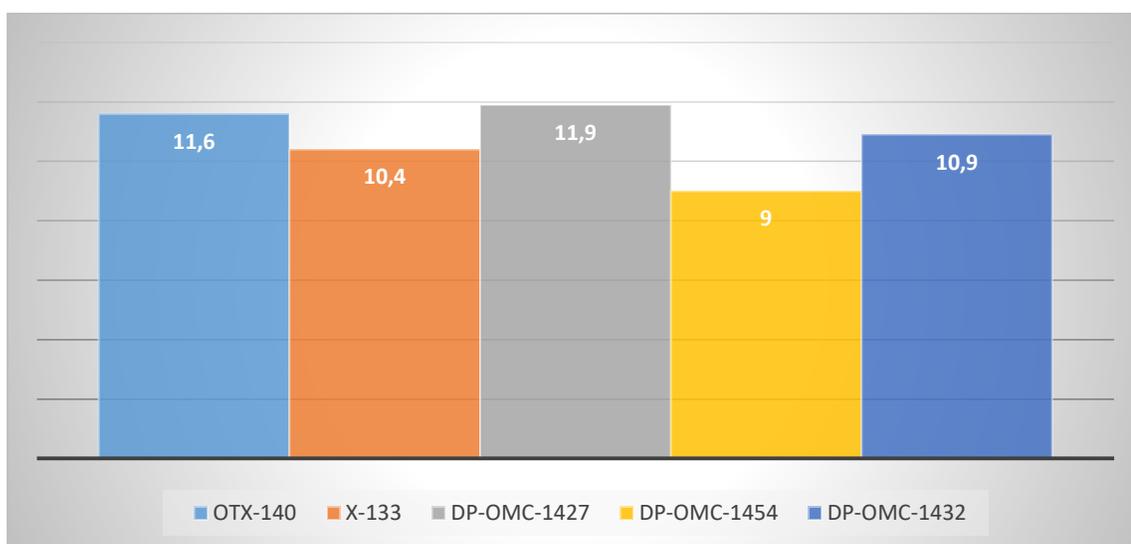


Рисунок 12 – Выход черного концентрата

Кинетика флотации меди и молибдена представлены на рисунке 13 и 14.

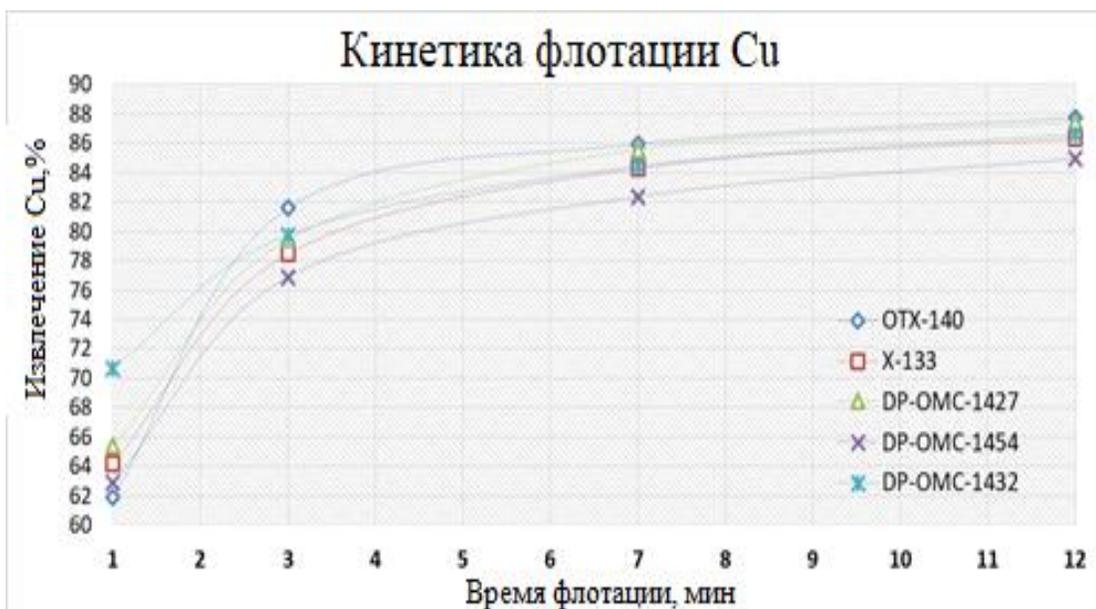


Рисунок 13 – Кинетика флотации меди

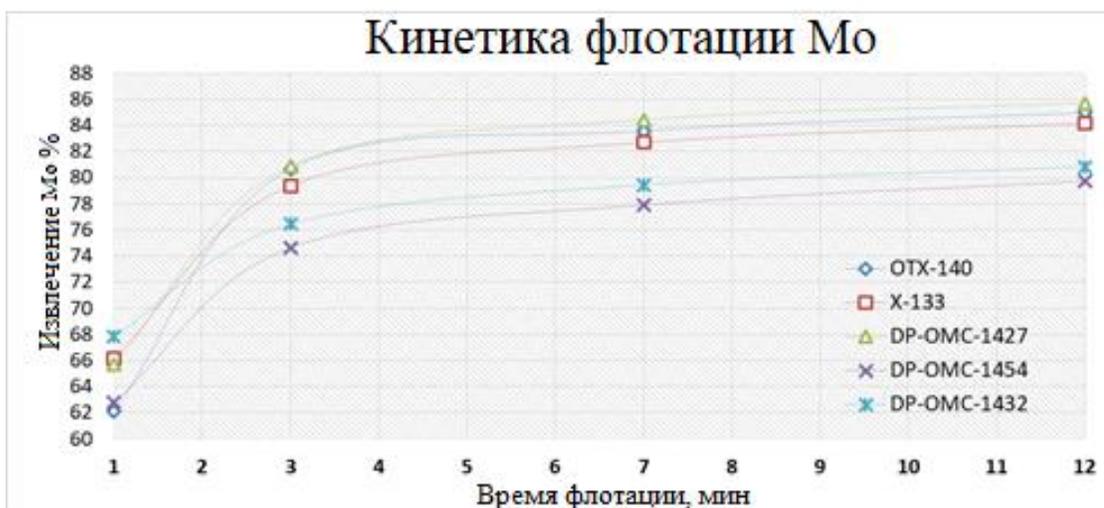


Рисунок 14 – Кинетика флотации молибдена

По кинетике флотации меди худшие результаты получены при использовании реагента DP-OMC-1454, остальные реагенты показали близкие результаты.

По кинетике флотации молибдена худшие результаты получены при использовании реагента DP-OMC-1454 и DP-OMC-1432.

На рисунке 15 и 16 представлены кривые обогатимости использованием выше названных вспенивателей в процессе флотации.

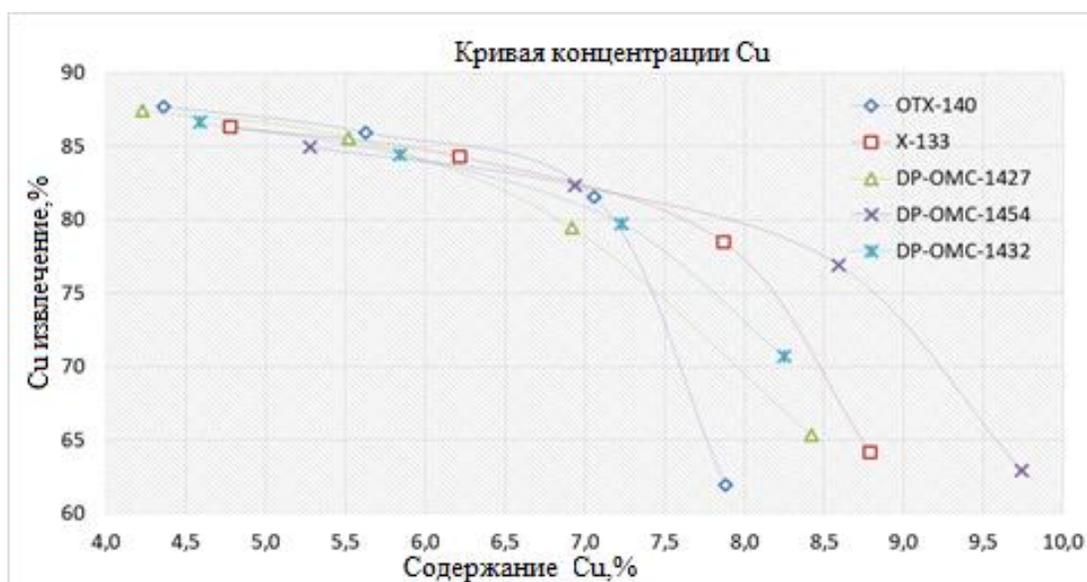


Рисунок 15 – Кривые обогатимости меди

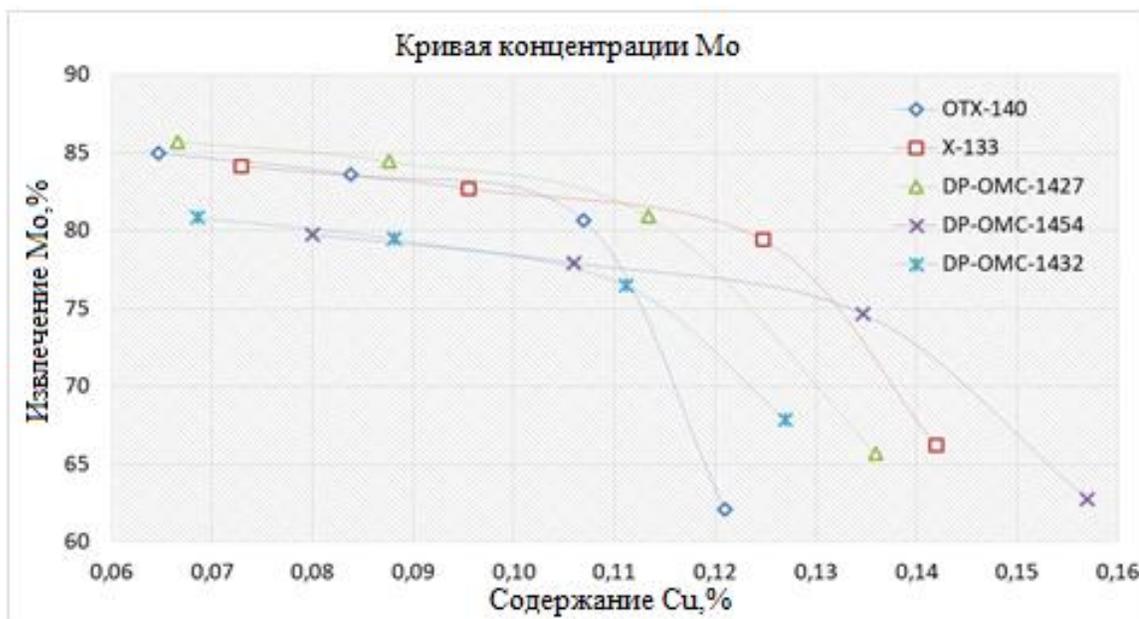


Рисунок 16 – Кривые обогатимости молибдена

По кривым обогатимости можно сделать следующие выводы: кривые обогатимости по меди показали, что на первой минуте флотации хуже отработал ОТХ-140, при использовании DP-OMC-1454 получены самые низкие результаты. Реагенты X-133, DP-OMC-1427 и DP-OMC-1432 показали практически одинаковые результаты. По молибдену худшие результаты получены с реагентами DP-OMC-1454 и DP-OMC-1432.

Это подтверждают и диаграммы, представленные ниже.

Таблица 4.6 – Сводные результаты тестов по операциям

Пенооб- разова- тель	Извлечение, %			Cu, %			Выход концентрата, %		
	Конце- нтра- т основ- ной	Концент- рат контро- льной	Обще- е	Концент- рат основ- ной	Концен- тра- т контро- льной	Общ- ее	Конце- нтра- т основ- ной	Коцент- рат контро- льной	Общее
ОТХ- 140	81,59	6,1	87,73	7,06	0,72	4,36	6,66	4,94	11,6
X-133	78,48	7,9	86,33	7,87	0,97	4,78	5,75	4,68	10,4
DP- ОМС- 1427	79,45	8,0	87,44	6,92	0,87	4,23	6,60	5,29	11,9
DP- ОМС- 1454	76,90	8,0	84,95	8,59	1,13	5,28	4,98	3,98	9,0
DP- ОМС- 1432	79,75	6,9	86,62	7,23	0,87	4,59	6,39	4,55	10,9

Из таблицы и диаграмм приведенных выше видно, что при использовании получили (в операциях основной и контрольной флотаций):

– ОТХ-140 получили извлечение Cu 81,6%/ 6,1%, при содержании Cu 7,1%/ 0,7% и выходе 6,66%/ 4,94%;

– X- 133- извлечение Cu 78,5%/ 7,9%, при содержании Cu 7,9%/ 0,97% и выходе 5,75%/ 4,68%;

– DP-ОМС-1427- извлечение Cu 79,4%/ 8%, при содержании Cu 6,9%/ 0,9% и выходе 6,6%/ 5,3%;

– DP-ОМС-1454- извлечение Cu 76,9%/ 8%, при содержании Cu 8,6%/ 1,13% и выходе 5%/ 4,0%;

– DP-ОМС-1432- извлечение Cu 79,7%/ 6,9%, при содержании Cu 7,2%/ 0,9% и выходе 6,4%/ 4,5%.

Содержание меди в черновом концентрате, а также потери меди с хвостами с использованием указанного реагентов приведены на рисунке 17 и 18 в виде диаграммы

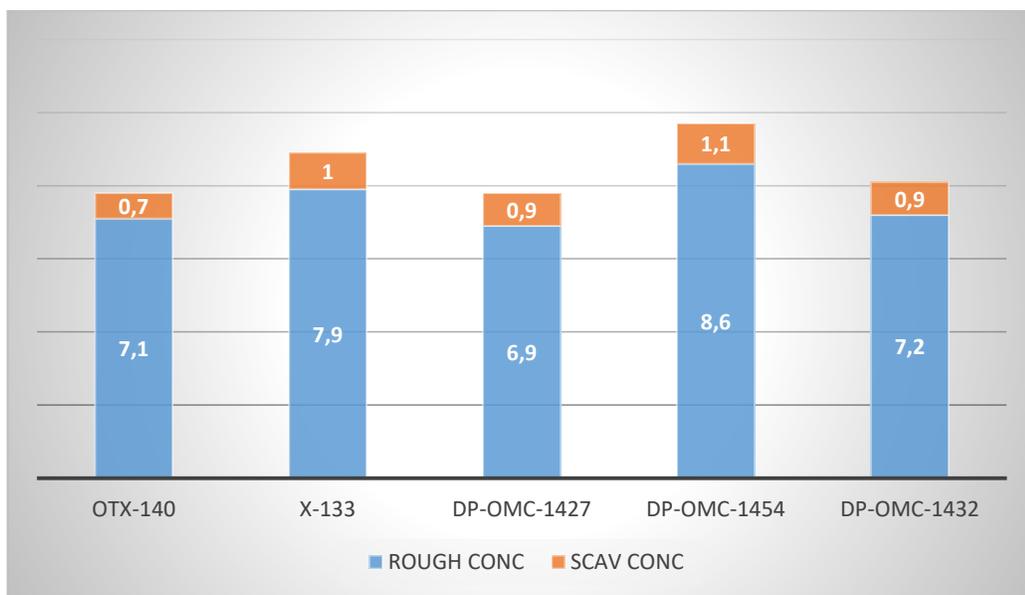


Рисунок 17 – Содержание меди в черновом концентрате

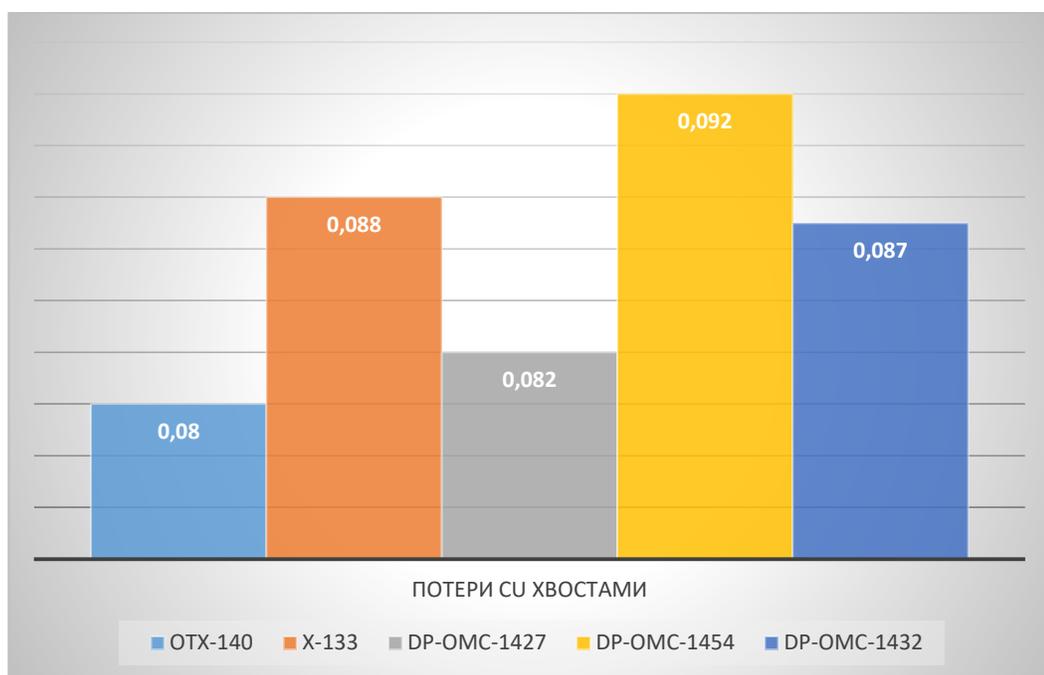


Рисунок 18 – Потери меди с хвостами

Извлечение меди в черновом концентрате, а также выход черного концентрата представлены соответственно на рисунке 19 и 20 в виде диаграммы

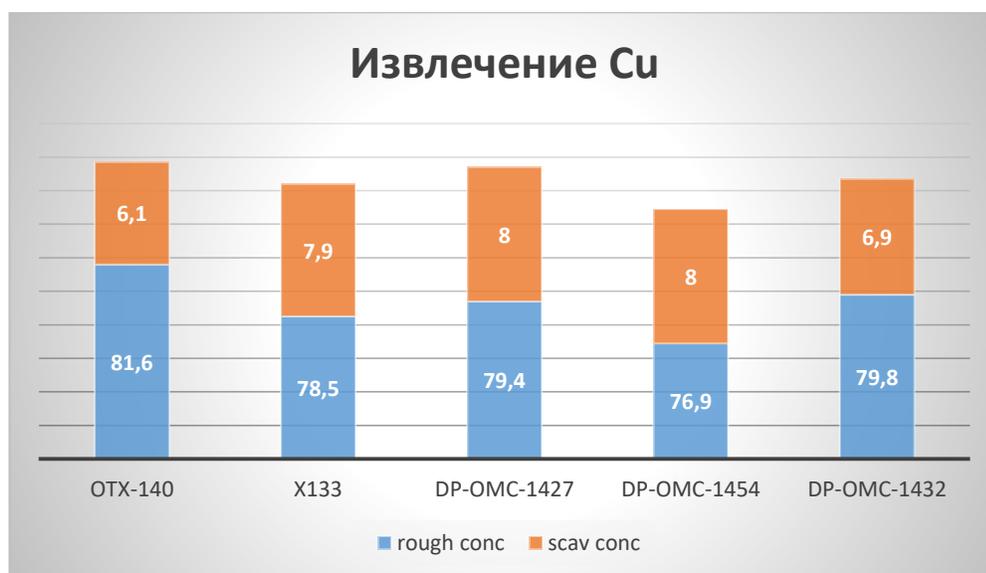


Рисунок 19 – Извлечение меди в черновой концентрат

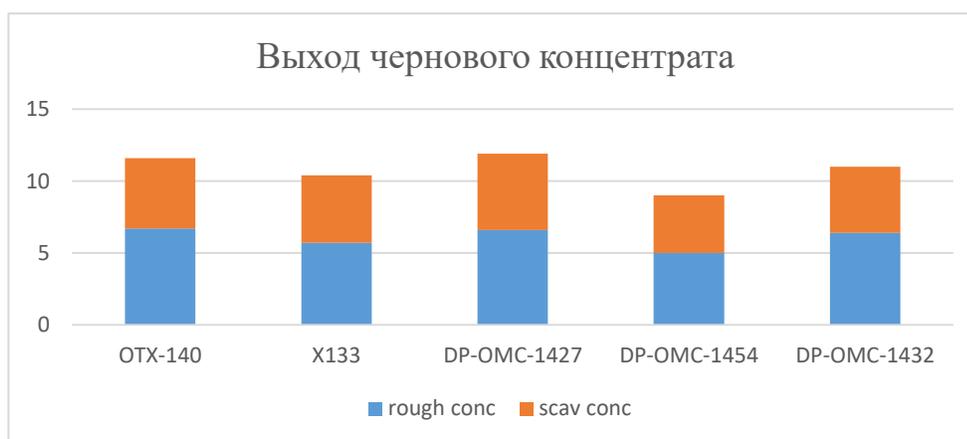


Рисунок 20 – Выход чернового концентрата

По результатам проведенных исследований можно сделать следующее заключение:

По лабораторным испытаниям вспениватель DP-DMC-1427 (производство BASF) позволяет получить более высокое извлечение меди и молибдена в общий концентрат при более высоком качестве меди по сравнению с реагентом Solvay Cytex OTX-140. Пенообразователи BASF (DP-OMC-1432 и OMC-1427) позволили получить более высокое извлечение меди в общий концентрат по сравнению с реагентами Cytex- Solvay OTX-140.

В данный момент обогатительная фабрика использует вспениватель Cytex-Solvay OREPREP-X-133.

По результатам лабораторных флотационных тестов в операциях основной и контрольной флотации с использованием реагента OTX-140 получили извлечение меди 81,6%/6,1% при содержании меди 7,1%/0,7% и выходе 6,6%/4,68%;

При использовании X-133: извлечение меди 78,5%/7,9% при содержании меди 7,9%/0,97% и выходе 5,75%/4,68%;

DP-ОМС-1427 – извлечение меди 76,9%/8%, при содержании меди 6,9%/0,9% и выходе 6,6%/5,3%;

DP-ОМС-1454 – извлечение Cu 76,9%/8%, при содержании меди 8,6%/1,13% и выходе 6,6%/5,3%;

DP-ОМС-1432 извлечение Cu 79,7%/6,9% при содержании меди 7,2% и выходе 6,4%/4,5%.

2. По кинетике флотации меди худшие результаты получены при использовании реагента DP-ОМС-1454, остальные реагенты показали близкие результаты.

3. По кинетике флотации молибдена худшие результаты получены при использовании реагента DP-ОМС-1454 и DP-ОМС-1432.

4. Извлечение молибдена выше при использовании DP-ОМС-1427, но при этом ниже содержание 0,067%.

5 Классификация флотационных реагентов использованных на Актогайской обогатительной фабрике

Для того, чтобы флотация прошла успешно, пузырьки воздуха должны прикрепляться к частицам ценного минерала. Пузырьки воздуха могут крепиться к частицам ценного минерала, только если они вытеснят воду с поверхности ценного компонента. Это может произойти только, если минерал является водоотталкивающим или гидрофобным. Поверхностно-активные вещества, известные как собиратели, добавляются в пульпу для адсорбции на поверхности частиц ценного минерала. После чего минерал становится гидрофобным.

Собиратели представляют собой органические соединения, которые делают выбранные минералы водоотталкивающими. Они адсорбируются или образуют покрытие на поверхности ценного минерала, чтобы:

- Частица менее легко прикреплялась к воде;
- Прикрепление частицы и пузырька воздуха происходило легко при контакте друг с другом.

В традиционном процессе пенной флотации реагенты, известные как собиратели, подаются в пульпу, которая подвергнется дальнейшей переработке. Функцией реагента является селективная адсорбция на поверхности ценного минерала, делая его гидрофобным, при этом оставляя нежелательные минералы гидрофильными.

Основные типы собирателей, которые обычно используются, включают следующие:

- Ксантогенаты – этилксантогенат натрия (SEX), амиловый ксантогенат калия (PAX), изопропиловый ксантогенат натрия (SIX), и изобутиловый ксантогенат натрия (SIBX). Это наиболее часто используемые собиратели.

- Дитиофосфаты – (Аэрофлот) часто используются вместе с ксантогенатами. В основном используются для отделения меди от свинцовых сульфидных руд, так как они являются наиболее эффективными собирателями медных сульфидных минералов.

- Карбоксильные собиратели – жирные кислоты и мыла, извлекаемые из растительных масел и животных жиров.

Тип собирателя, используемый в процессе, будет зависеть от типа ценного минерала, который нужно подвергнуть флотации, и типа руда, в которой присутствует данный минерал. Изобутиловый ксантогенат натрия (SIBX) является собирателем, используемым в технологии Актогайской обогатительной фабрики.

Пенообразователь. Пенообразователь предназначен для обеспечения наличия слоя пены над пульпой, которая достаточно стабильна, чтобы предотвращать излишние разрывы (лопание пузырьков). Пузырьки будут

продолжать поддерживать необходимые частицы минералов, только если они смогут образовать стабильную пену. При невозможности поддержания стабильности пены пузырьки будут лопаться и ценный минерал будет попадать обратно в пульпу до того, как пена будет убрана с поверхности пульпы. Пенообразователь также добавляется в пульпу для улучшения диспергирования мелких пузырьков в слое пульпы.

В процессе флотации могут использоваться различные пенообразователи. Они включают:

- Природные материалы, такие как сосновое масло (содержащее ароматические спирты) и крезоловая кислота;
- Синтетические пенообразователи на основе гликолевых эфиров;
- Спирты.

Метил Изобутил Карбинол (МИБК) является пенообразователем, используемым в технологии Актогайской обогатительной фабрики.

Однако не менее важным является то, что пенообразователь распадается вскоре после удаления слоя пены из флотомшины. Слой пены обычно помещается в какую-нибудь емкость или сосуд и хранится там, а затем выкачивается для дальнейшей обработки. Неправильный распад пенообразователя может создать проблемы с перекачкой в связи с кавитацией в насосе.

Активаторы и депрессоры. Другие реагенты, известные как активаторы и депрессоры, используются в некоторых процессах флотации. Активаторы используются вместе с собирателями. Они повышают избирательность посредством улучшения адсорбции собирателя на поверхности ценного минерала.

Депрессоры выполняют противоположную функцию и взаимодействуют с нежелательными минералами, задерживая или предотвращая адсорбцию собирателя, таким образом поддерживая их гидрофильные свойства.

Реагенты для контроля уровня рН. Значение рН цикла флотации должно поддерживаться в определенном диапазоне для подавления и предотвращения флотирования частиц железа вместе с медью.

Известковый порошок подается в мельницу ПСИ, где он смешивается с дробленой рудой и водой в процессе измельчения.

Известковое молоко также можно добавлять в отдельные флотомшины по мере необходимости для дальнейшего контроля уровня рН в конкретной части узла или "тонкой корректировки" рН до нужного уровня.

Добавление реагентов. Добавление собирателя (SIBX) и пенообразователя (метилизобутилкарбинол/МIBC) контролируется через распределенную систему управления. Клапаны регулировки расхода в линиях добавления регулируются регуляторами расхода в распределенной системе

управления. Дозировка рассчитывается соразмерно тоннажу руды, подаваемой на участок измельчения.

Подача известкового молока контролируется через распределенную систему управления. Двухпозиционные клапаны переключаются согласно временной последовательности через распределенную систему управления. Дозировка рассчитывается с учетом измеренного уровня рН в цикле. Датчики рН установлены в различных камерах по всему циклу.

Дозировка гидросульфида натрия (NaHS) контролируется через распределенную систему управления. Клапаны регулировки расхода в линиях добавления регулируются регуляторами расхода в распределенной системе управления.

6 Исследование технологии тонкого и сверхтонкого измельчения сырья в условиях Актогайской обогатительной фабрики

Минералы с тонким взаимным проращением частиц, либо с другими минералами или минералами пустой породы добываются в возрастающем количестве. Эти руды создают новые проблемы на обогатительных фабриках, требуя тонкого и ультратонкого измельчения, для того чтобы получить необходимые качество и извлечение. Прогресс флотационных технологий теперь позволяет эффективно флотировать минералы крупностью менее 10 мкм, делая возможным сепарацию тонко диссоциированных с пустой породой ценных минералов. Это часто требует тонкого или ультратонкого измельчения для улучшения кинетики реакций до уровня, при котором эти процессы промышленно осуществимы. Экономически процессы ультратонкого измельчения также становятся реальными для прямого выщелачивания тугоплавких руд. Это выгоднее, чем обжиг или автоклавные процессы при высоком давлении.

Время и инновации, произведенные в конструкциях различных мельниц, в состоянии произвести тонкие и ультратонкие продукты. Мельницы для тонкого и сверхтонкого измельчения можно разделить на четыре категории:

- шаровые мельницы;
- мельницы с перемешиваемой средой;
- центробежные мельницы;
- струйные мельницы.

Проведены исследования схем обогащения медной руды Актогайского месторождения с использованием тонкого и сверхтонкого измельчения.

В результате проведенных лабораторных испытаний определено значительное увеличение извлечения меди и молибдена с 40% до 80% при повышении класса -25 мкм в загрузке флотации. С целью увеличения раскрываемости полезных минералов в руде предлагается внедрение барабанных мельниц ультратонкого измельчения IsaMill в существующую технологическую схему [3]. На рисунке 21 отображена предлагаемая схема обогащения медных руд, включающая использования мельниц IsaMill.

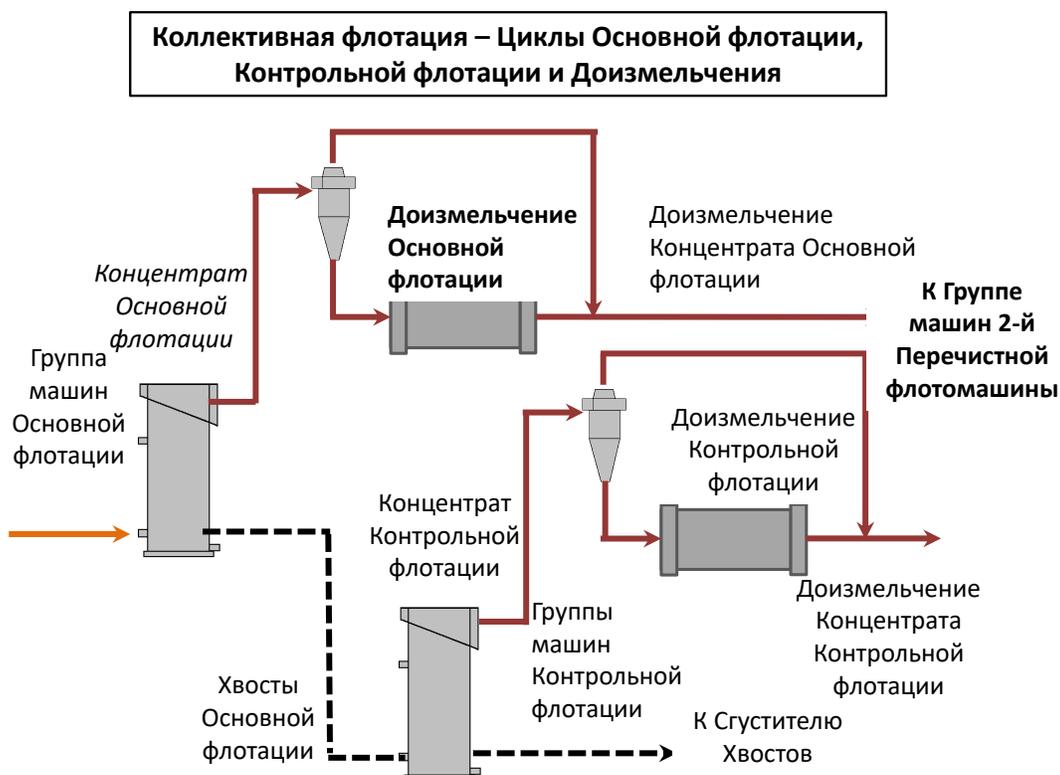


Рисунок 21 – Усовершенствованная технологическая схема обогащения медных руд, включающая использование мельниц IsaMill

Система доизмельчения концентрата доизмельчает концентраты флотомашин основной и контрольной флотации для освобождения дополнительных ценных полезных минералов в концентратах. Система доизмельчения концентрата состоит из двух параллельных циклов доизмельчения. Один цикл доизмельчает концентрат флотомашин основной флотации, а другой цикл доизмельчает концентрат флотомашин контрольной флотации.

Доизмельченный концентрат флотомашин основной флотации перекачивается через группу из шести гидроциклонов. Они работают таким же образом как гидроциклоны, используемые в цикле первой стадии измельчения.

Крупные фракции выгружаются со дна циклонов в бункер. Эти частицы требуют дальнейшего измельчения и выгружаются в мельницу доизмельчения концентрата основной флотации.

Более мелкие частицы шлама выгружаются из верхней части циклонов и отправляются во перечистную секцию и секцию дофлотации. Материал не проходит через стадию доизмельчения.

Доизмельчение концентрата основной флотации выполняется в ISA мельнице. Это не то же самое что ПСИ и Шаровые Мельницы, используемые в циклах измельчения первой и второй стадии. Она содержит вращающиеся

измельчающие диски с резиновой подкладкой, установленные на оси. Измельчающие диски в корпусе мельницы располагаются вдоль длины оси.

В пространствах между измельчающими дисками имеется большое количество 3,5 мм до 5,0-миллиметровых керамических шариков. Когда мельница вращается концентрат проходит от одного конца мельницы к другому. Вращательное действие дисков и шариков, срезает и перетирает частицы для уменьшения их размера. Доизмельченный концентрат флотомашины основной флотации выгружается из мельницы в бункер. Из бункера выгрузки молотый шлам выкачивается в стадию 2-й перечистки и секцию дофлотации.

Доизмельченный концентрат флотомашины контрольной флотации выкачивается через отдельную группу из шести гидроциклонов и подвергается тому же самому процессу как при концентрате флотомашины основной флотации с помощью отдельной ISA Мельницы.

До ввода в эксплуатацию на контуре флотации при проектной мощности и плановой переработке материала среднее извлечение достигало 83-85%, качество медного концентрата достигало 19-23%, серы в составе концентрата 21-27%. Материал, подаваемый на процесс недостаточно измельчен, но для выполнения минимального плана такой показатель является нормированным. Однако, с тем, чтобы улучшить показатели по качеству получаемого флотационного концентрата проведены промышленные испытания по включению дополнительного участка доизмельчения с использованием мельниц ISA Mill результаты которого описаны ниже.

В таблице 6.1 приведены результаты базового промышленного эксперимента без внедрения мельниц ультратонкого измельчения ISA Mill

Таблица 6.1 – Результаты базового промышленного эксперимента без внедрения мельниц ультратонкого измельчения IsaMill

Наименование	Содержание элементов, %												
	Cu	Au, г/т	Ag, г/т	Mo	Fe	S	Al ₂ O ₃	S (сульф)	Cu			Кислородаст воримый	Извлечение Cu
									Окисленна я	Вторичные сульфиды	Первичные сульфиды		
Слив гидроциклона	0,48 6	0,01 6	1,10 8	0,008 6	2,82			1,0 5	0,0 0	0,0 4	0,4 4		85,4 6
Хвосты отвальные	0,07 2	<0,0 1	<0,1 0	0,001 5	2,37			0,3 6	0,0 0	0,0 1	0,0 6		
Хвосты дофлотации													
Концентрат технологический	22,5 1	0,52 5	35,9 5	0,248 5	26,9 9	21,3 5	23,1 0					17,5 9	

После ввода в эксплуатацию, в конце марта, мельниц Isa Mill, начала прослеживаться динамика роста необходимых показателей. В следствии доизмельчения материала подаваемого с участка измельчения было увеличено извлечение и качество концентрата. Результаты промышленных экспериментов по внедрению мельниц ультратонкого измельчения ISA Mill в существующую технологическую схему производства от первого апреля 2019 года приведены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Результаты промышленного эксперимента по внедрению мельниц ультратонкого измельчения IsaMill в существующую технологическую схему переработки руды Актогай

Наименование	Содержание элементов, %													
	Cu	Au, г/т	Ag, г/т	Mo	Fe	S	Al2O3	S (сульф)	Cu				Кислотораство римый остаток	Извлечение Cu
									Окисленн ая	Вторичные сульфиды	Первичны е сульфиды			
Слив гидроциклона	0,700	0,018	0,900	0,012 3	2,57			1,21	0,01	0,1 1	0,58		90, 93	
Хвосты отвалыные	0,065	<0,01	0,230	0,002 7	1,69			0,47	0,00	0,0 2	0,05			
Хвосты дофлотации														
Концентрат технологический	26,98	0,299	29,77	0,200 0	27,1	31,1 9	3,38					12,8 1		

В отчетах химического анализа из лаборатории прослеживается связь до запуска Isa Mill в марте, с последующим запуском его в апреле. Как следствием мы видим увеличение средних показателей.

По результатам проведенных промышленных испытаний по обогащению руды Актогай в соответствии с усовершенствованной технологической схемой, включающей дополнительную стадию доизмельчения концентрата в мельнице ISA Mill до 80% класса -25 μm позволило значительно улучшить качество флотационных концентратов, а именно позволило повысить извлечение:

- меди с 22,51% до 26,98%;
- серы с 21,35% до 31,19%;

Таким образом, включение дополнительной стадии доизмельчения в мельнице ISA Mill позволяет получить нормированный флотационный концентрат для дальнейшей металлургической переработки на Балхашском медеплавильном заводе, т.е. содержание меди не менее 20% и содержание серы не менее 28%.

Мельница ISA Mill (рисунок 22) состоит из одного стального вала с футерованными резиной одноразовыми мелющими дисками, установленными

на нем. Вал и мелющие диски расположены внутри стального наружного корпуса. В отличие от мельниц ПСИ и шаровых мельниц, наружный корпус не вращается. Вал подсоединен к двигателю с регулируемой скоростью и редуктору, который расположен со стороны разгрузки мельницы.

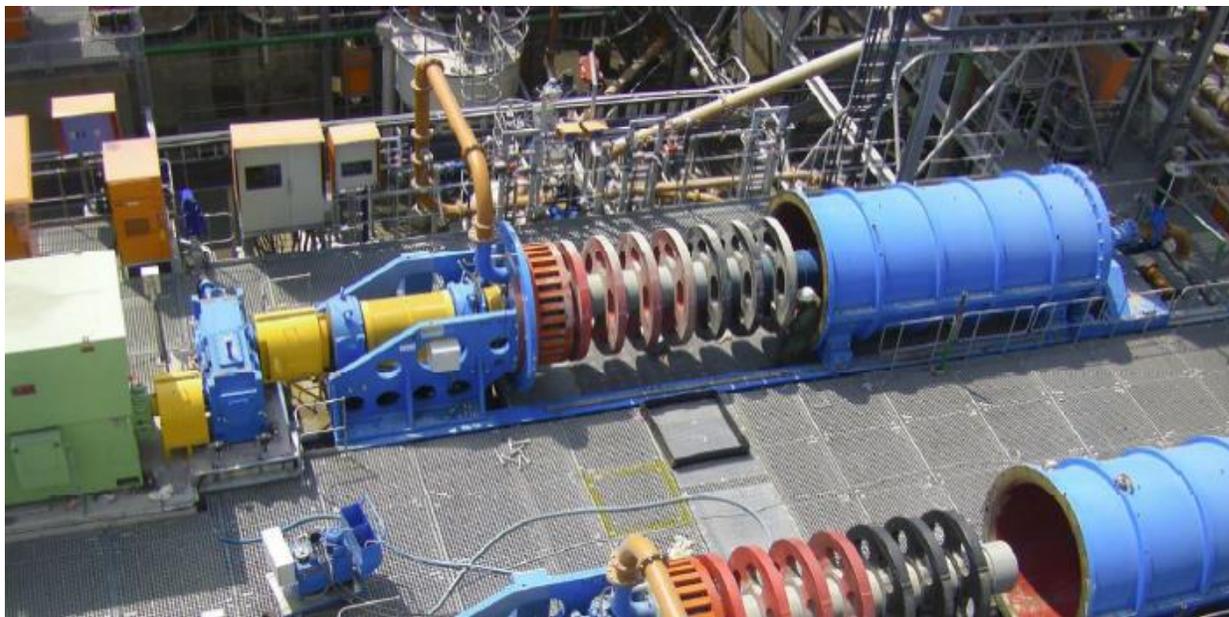


Рисунок 22 – Мельница IsaMill

В дополнение к мелющим дискам пространство между дисками заполнено маленькими керамическими шариками (рисунок 23), размер которых варьируется от 3,5 до 5 мм.

Шары неоднородные по размеру, так как лучшее измельчение достигается при наличии шаров различного размера в этом диапазоне.



Рисунок 23 – Керамические шары мельницы IsaMill

В мельницу регулярно загружаются новые керамические шары - ниже будет описано, как это делается. Оптимальная загрузка средой составляет 70-80 %.

При эксплуатации двигатель и редуктор вращают вал и мелющие диски внутри корпуса. В рабочих условиях вал мельницы измельчения вращается так, чтобы обеспечить окружную скорость дисков в 17-20 м/с.

Пульпа закачивается в один конец мельницы (с противоположной стороны от приводного двигателя и редуктора).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Краткие выводы по результатам диссертационных исследований

1. На основе пробы исходной руды месторождения «Актогай», проведены исследования по изучению вещественного состава сульфидной медной руды. По результатам ситового анализа в каждом классе крупности определяли содержание меди, серы, железа и распределение их по классам крупности.

1.1. Содержание меди по данным гранулометрического анализа составляет 0,93%. В разных классах крупности этот показатель варьирует в диапазоне 0,75-1,76%. Максимальное содержание меди фиксируется в классе крупности $-0,045+0,020$ мм.

Фазовым анализом было установлено, что медь полностью входит в состав сульфидных минералов. Медь в сульфидах распределяется на первичные сульфиды меди – 89%, и вторичные сульфиды меди – 11% от общей массы компонента.

1.2. По результатам минералогического анализа установлено, что проба руды на 94% составлена породообразующими минералами. Среди них существенно преобладает полевые шпаты, суммарное количество которых составляет 54%. Рудообразующие сульфиды составляют 3%. Среди сульфидов преобладает халькопирит – 2,1%. Вторичные сульфиды меди представлены борнитом, ковеллином и халькозином и они в сумме составляют 0,20%. Сульфид железа пирит 0,7%.

1.3. Максимальная доля сульфида меди фиксируется в классе 20-38 мм. Значительная часть зерен присутствует в классах крупности 10-20 и 45-71 мкм; 23,6 и 13,9% соответственно. На долю “крупных” зерен халькопирита размером более 71 мкм приходится 12,5% от общей массы минерала.

2. На основе изучения физико-механических свойств пробы руды было установлено, что руда характеризуется как “очень твердые” по отношению к одноосному растяжению (по методике Бонда). По шкале М. Протодьяконова относится к “очень крепкой” рудой II категории. Данная категория крепости соответствует III категории дробимости – “твердые руды”. Индекс абразивности по Бокду (А;) составила 0,3184г, что характеризует пробу руды как “умеренно абразивную”. На основании проведенного теста пробы руды на определение рабочего индекса ударного дробления.

3. Проведены исследования по определению эффективности реагентов-пенообразователей компании Basf в сравнении с реагентами компании Solvay в цикле коллективной флотации сульфидной руды месторождения “Актогай”.

Лабораторные испытания с использованием реагентов DP-ОМС-1427 и DP-ОМС-1432 фирмы Basf позволили получить более высокое извлечение меди в общий концентрат по сравнению с реагентами Cyttec-Solvay ОТХ-140.

По результатам лабораторных флотационных тестов получили (в операциях основной и контрольной флотации) при использовании:

-ОТХ-140 получили извлечение Cu 81,6%/ 6,1%, при содержании Cu 7,1%/ 0,7% и выходе 6,66%/ 4,94%;

-Х-133- извлечение Cu 78,5%/ 7,9%, при содержании Cu 7,9%/ 0,97% и выходе 5,75%/ 4,68%;

-DP-ОМС-1427- извлечение Cu 79,4%/ 8%, при содержании Cu 6,9%/ 0,9% и выходе 6,6%/ 5,3%;

-DP-ОМС-1454- извлечение Cu 76,9%/ 8%, при содержании Cu 8,6%/ 1,13% и выходе 5%/ 4,0%;

-DP-ОМС-1432- извлечение Cu 79,7%/ 6,9%, при содержании Cu 7,2%/ 0,9% и выходе 6,4%/ 4,5%.

4. По результатам проведенных испытаний по обогащению руды, в соответствии с усовершенствованной технологической схемой, включающей дополнительную стадию доизмельчения концентрата, в мельнице IsaMill до 80% класса -25мкм позволило значительно улучшить качество флотационных концентратов, а именно позволило повысить содержание меди с 22,51% до 26,98%, извлечение с 85,4% до 90,9%. Таким образом, внедрение дополнительной стадии доизмельчения IsaMill позволит улучшить качество получаемого концентрата по меди.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Baisui Han, Batnasan Altansukh, Kazutoshi Haga, Yasushi Takasaki and Atsushi Shubayama. Copper Recovery from Silicate-Containing Low-Grade Copper Ore Using Flotation Followed by High-Pressure Oxidative Leaching. Resources Processing 64. 2017. P. 3–14.
2. Информация на сайте <https://www.isamill.com/ru/Pages/home.aspx>.
3. K. Kongolo, M. Kipoka, K. Minanga and M. Moyo, "Improving the efficiency of oxide copper cobalt ores flotation by combination of sulphidisers," Minerals Engineering, vol. 16, pp. 1023-1026, 2003.

Список опубликованных работ

1. Мырзабекова К.Д., Мамбеталиева А.Р., Акказина Н.Т. Интенсификация технологических процессов переработки руд Актогайского месторождения / Труды сатпаевских чтений «САТПАЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ-2021» / международной научно - практической конференции: Сатпаевские чтения в секции «Современное развитие технологий в обогащении полезных ископаемых и металлургии» - Алматы 2021 г. С. 981-985.

"САТПАЕВ ОҚУЛАРЫ - 2021"

СӘТБАЕВ ОҚУЛАРЫНЫҢ

ЕҢБЕКТЕРІ

I Том

ТРУДЫ

САТПАЕВСКИХ ЧТЕНИЙ

"САТПАЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ - 2021"

Том I

PROCEEDINGS

SATPAYEV'S READINGS

"SATPAYEV READINGS - 2021"

I volume

Алматы 2021 Almaty

разделения гравитационных концентратов железомарганцевой руды месторождения «Керегетас» с использованием процесса магнитной сепарации	
Гущин В.В. Исследование возможности интенсификации процесса сорбционного извлечения соединений урана	922
Ильясов А.Е., Байқоңырова Ә.Ә., Суримбаев Б.Н. Алтынды агитациялық және сорбциялық шаймалау бойынша зерттеулер	925
Исламов К.Б., Баимбетов Б.С. Электролиз вольфрамата натрия	929
Қадырсызов Д.С., Барменшинова М.Б. Исследование стущаемости медного концентрата с применением новых флокулянтов	933
Қали А.Ә., Бошқасева Л.Т., Ақубасева Д.М., Айдарханов Д.А., Маратов С.К. Үлкен Қаратаудың ванадийлі кварциттерін өңдеуге арналған белгілі әдістерді талдау	936
Камиев М., Сәрсенова М.С., Гусейнова Г.Д. Разработка и обоснование технологии переработки хромосодержащих шламовых отходов Донского Горно-Обогатительного Комбината	940
Карелин В.А., Ле Ш.Х., Карелина Н.В., Смороков А.А. Электролитический синтез титановых порошков во фторидных расплавах	944
Хумарбекулы Е., Алтмышбаева Ә.Ж., Гусейнова Г.Д. Исследование сорбции ионов тяжелых металлов сорбентами на основе модифицированных природных цеолитов из промышленных сточных вод	949
Мамбеталиева А. Р., Турысбеков Д.К., Амантаев Д.Т. Усовершенствование технологии флотации медно-молибденовой руды	953
Мамбеталиева А.Р., Турысбеков Д.К., Мажитов Н.М., Жакупова Ж.Ж. Влияние доизмельчения пульпы на селективное разделение полезных компонентов от пустой породы при переработке тонковкрапленных руд	956
Мамбеталиева А.Р., Турысбеков Д.К., Бегжан А.Б. Исследование флотационного обогащения медно-золотосодержащей руды месторождения «Коктасжол»	960
Мамбеталиева А.Р., Турысбеков Д.К., Зайнабигдинов М.Д., Таймасова А.Н. Влияние пенообразователей при флотации Бозшакольской руды	964
Мырзабекова А.М., Рыспаева М.Б. Оценка общей энергии взаимодействия частиц минералов полимерными флокулянтами	967
Молдабаева Г.Ж., Саулебекқызы Ш., Таймасова А.Н. Селен және теллур тиотүздарының түзілу кинетикасы	973
Мудик А., Конаратбекова С.С. Изучение сорбции и десорбции золота из иодидных продуктивных растворов	978
Мырзабекова К.Д., Мамбеталиева А.Р., Акказина Н.Т. Интенсификация технологических процессов переработки руд Актогайского месторождения	981
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
Периебеков Б.А. Исследования применения аммиачной воды в качестве реагента осадителя	997
Шаутинов М.Р., Акказина Н.Т., Ералиев А.А., Кошер Г.К. Вопросы золотоносности углей и продуктов их сгорания	1001
Шаутинов М.Р., Акказина Н.Т., Кошер Г.К. Исследования по переработке золошлаковых отходов с получением железосодержащего продукта	1005
Шаутинов М.Р., Акказина Н.Т., Кожабай Б.Н. Исследования гранулометрического состава и характера распределения редкоземельных элементов в редкоземельной руде Кундыбайского месторождения	1009
Смайлов Р.Е., Айдымбеков А.Б., Ахмет Ә.М. Интенсификация процесса сорбции путем изменения технологической схемы обвязки трейнов	1012
Смороков А.А. Фтораммонийное обогащение высококремнистого титанового сырья	1016
Таубашев С.Р., Барменшинова М.Б. Исследование влияния новых реагентов вспенивателей на обогатимость медно-молибденовой руды	1018
Теміргали І.А., Байтеңієнов Ә.С., Сәрсєнова М.С. Асбест өндірісі қалдықтарынан никель өндіру	1023
Темірхан С.Ғ., Чепуштанова Т.А. Технологические исследования пирротинизирующего обжига окисленной свинцово-цинковой руды и промпродукта обогащения ТОО «КАЗЦИНК»	1027
Тойлыбеков С., Мамырбаева К.К. Мыстың негізгі сульфидті минералы – халькопиритті термиялық өңдеуге термодинамикалық талдау	1031
Тулепбергенів А.К., Мамырбаева К.К. Исследование процесса выщелачивания меди из бедных концентратов	1036

8	470	556,6	93	81
10	323,3	326,6	98,5	88
20	17,3	37,3	100	92
30	–	18,6	100	94
35	–	9,3	100	95
Примечание: COE AM-2B = 31,0 мг/г; COE AN-21 = 39,2 мг/г; Вионита – 1,5 см ³ .				

Десорбция золота на 98,5 % может быть осуществлена 9-10-ю удельными объемами регенерирующего раствора.

Таким образом, сорбция золота и иода из продуктивных растворов на ионитах марки AM-2B и AN-21 является эффективной, а элюирование золота раствором сернокислого нитрата натрия достаточно полно извлекает золото в элюат (> 90 %).

Литература

1 Ласкорин Б.Н., Вялков В.И., Доброскокин В.В. Сорбционная технология в гидрометаллургии золота. В кн: Гидрометаллургия золота. М.: Наука, 1980, С. 76-88.

2 Патент № 2754 Республики Казахстан. Способ регенерации ионообменной смолы, насыщенной благородными металлами, 1995, бюл № 4.

3 Ергожин Е.Е., Менлигазиев Е.Ж. Полуфункциональные ионообменники Алма-ата, 1986, 303 с.

А. Мулик, С.С. Конаратбекова

Ионидті өнімді ерітінділерден алтынның сорбциясы мен десорбциясын зерттеу

Аннотация. Мақала шаймалаудан кейінгі өнімді ерітінділерден алтын мен иодтың сорбциясы мен десорбциясын зерттеуге арналған. Зерттеу нысаны AM-2B және AN-21 маркалы ионит және иодидті өнімді ерітінді болды. Осы жұмыс барысында Алтын мен иодты иониттермен сорбциялау үшін ерітіндінің рН оңтайлы мәні және шайырдың көлемдік сыйымдылығы анықталды. Динамикалық және статикалық жағдайларда алтын мен иодты сорбциялау нәтижелері келтірілген. Процесс барысында иониттің ісінген иониттің белгілі бір мөлшері, сусымалы тығыздық және ылғалдылық сияқты қасиеттері зерттелді. Осылайша, AM-2B және AN-21 маркалы иониттердегі өнімді ерітінділерден алтын мен иодтың сорбциясы тиімді, ал алтынды натрий сульфат нитратының ерітіндісімен элюаттау элюатқа Алтынды толық алады (> 90 %).

Түйінді сөздер: сорбция, ионит, ерітінді, сыйымдылық, концентрация, экстракция.

A. Mulik, S.S. Konyratbekova

Study of gold sorption and desorption from iodide productive solutions

Annotation. The article is devoted to the study of sorption and desorption of gold and iodine from productive solutions after leaching. The object of the study was ionite of the AM-2B and AN-21 brands and an iodide productive solution. In the course of this work, the optimal pH value of the solution for the sorption of gold and iodine by ionites and the volume capacity of the resin were determined. The results of sorption of gold and iodine under dynamic and static conditions are presented. During the process, such properties of ionite as the specific volume of swollen ionite, bulk density and humidity were studied. Thus, the sorption of gold and iodine from productive solutions on AM-2B and AN-21 ionites is effective, and the elution of gold with a solution of sodium sulfate nitrate sufficiently fully extracts gold into the eluate (> 90 %).

Keywords: sorption, ionite, solution, capacity, concentration, extraction.

УДК 622.765

Мырзабекова К.Д., Мамбеталиева А.Р., Акказина Н.Т.

Научный руководитель: Шаутенов М.Р. к.т.н., профессор

Satbayev University, Казахстан, г. Алматы

m.shautenov@satbayev.university

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕРАБОТКИ РУД АКТОГАЙСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Аннотация. Проведены сведения по рудной базе Актогайского месторождения медно-молибденовых руд. На основании проведенных исследований гранулометрического состава исходной руды месторождения выполнен ситовой анализ пробы медной руды с определением в классах крупности содержание меди, серы и железа. Содержание меди составляет 0,93%. Наиболее высокое содержание меди фиксируется в классе крупности - 0,045+0,020 мм. Содержание серы в пробе руды по данным ситового анализа составляет 1,17 и по классам крупности варьирует в диапазоне 0,93-2,23%; массовая доля железа составляет 2,23, в разных классах крупности изменяется от 1,91 до 3,5%. Среднее содержание меди поступающего на переработку составляет 0,461%, молибдена 0,010%. Технологическая схема переработки руд с использованием зарубежного высокотехнологического обогащательного оборудования предусматривает следующие процессы: первичное дробление руды до крупности -250 мм и двухстадиальное измельчение до крупности 80% кл -80 мм. Флотационное обогащение Си-Мо руды с получением коллективного концентрата. Концентрат контрольной коллективной флотации доизмельчается до крупности 80% кл -0,025 мм. Пенный продукт IV перечистки является готовым молибденовым концентратом содержанием 50% молибдена. Концентрат II перечисточной флотации является медным концентратом с содержанием меди 23%.

Ключевые слова: месторождение, сульфидные и окисленные руды, ситовой анализ, гранулометрический состав, минеральный состав, дробление, измельчение, флотационное обогащение, концентрат, хвосты.

Месторождение «Актогай» является одним из крупнейших медно-молибденовых руд, представленных сульфидными и окисленными рудами. Рудоносный штокверк месторождения расположен среди гранитоидов первой фазы Колдарского массива и распространяется на восточную часть Центрально-Актогайского ксенолита терригенно-вулканогенных пород керегентасской свиты. Принципиальной особенностью участка месторождения является кольцевой план геологических образований и рудоносного штокверка в целом, обусловленный особенностями тектонического строения.

Расчет общих ресурсов месторождения «Актогай» составляет около 1444,922 млн тонн сульфидных руд и 96,5733 млн тонн окисленных руд [1]. Основную промышленную ценность месторождения составляют сульфидные руды. По текстурному рисунку эти руды подразделяются на вкрапленно-прожилковые, прожилково-вкрапленные, гнездово-вкрапленные и брекчиевые. Наиболее широко распространены первые два типа руды, на долю которых приходится 75-80 % запасов сульфидных руд.

Окисленные руды представлены собой сильно нарушенные скальные образования с налетами, корочками и колломорфными стяжениями хризоколлы, малахита, гидроксидов железа, азурита, брошантита, гипса, кальцита и глинистых минералов. Присутствуют реликтовый халькозин, куприт, халькопирит, молибденит. Содержание меди и молибдена в окисленных рудах ниже, чем в подстилающих их сульфидных рудах.

В зоне окисления из собственно медных минералов наиболее развиты хризоколла (40-80 %) и её марганцевистая разновидность, названная антогантом; малахит (20-30 %), азурит, атакамит и другие более редкие окисленные минералы меди. Все указанные минералы обычно образуют псевдоморфозы по полуокисленным первичным сульфидам – халькозину, ковеллину, халькопириту, борниту, пириту и другим.

На основании проведенных исследований гранулометрического состава исходной руды месторождения «Актогай» нами выполнен ситовой анализ пробы исходной руды. В каждом классе определяли содержание меди, серы, железа и распределение их по классам крупности. Установлено, что материал пробы по классам крупности распределяется неравномерно, концентрируясь преимущественно в крупных классах в интервале крупности -2+0,5 мм. В данном диапазоне сосредоточено более 62 % материала. Еще 15 % пробы фиксируется в

крупном классе $-0,5+0,2$ мм. В нижних классах крупности материал распределяется равномерно с незначительным выходом фракций от 3,67 до 7,76 %.

Содержание меди в пробе исходной руды по данным гранулометрического анализа составляет 0,93 %. В разных классах крупности этот показатель варьирует в диапазоне 0,75-1,76 %. Крупные классы характеризуются пониженными содержаниями ценного компонента. Максимальное содержание меди фиксируется в классе крупности $-0,045+0,020$ мм. Степень концентрации меди в данном классе 1,9 условных единиц и в смежных классах крупности снижается незначительно: до 1,7 условных единиц.

Содержание серы в пробе руды по данным ситового анализа составляет 1,17 и по классам крупности варьирует в диапазоне 0,93-2,23 %.

Массовая доля железа в руде месторождения «Актогай» составляет 2,23 %. В разных классах крупности этот показатель изменяется от 1,91 до 3,5 %.

Гранулометрическая характеристика пробы руды с распределением меди по классам крупности представлены на рисунке 1.

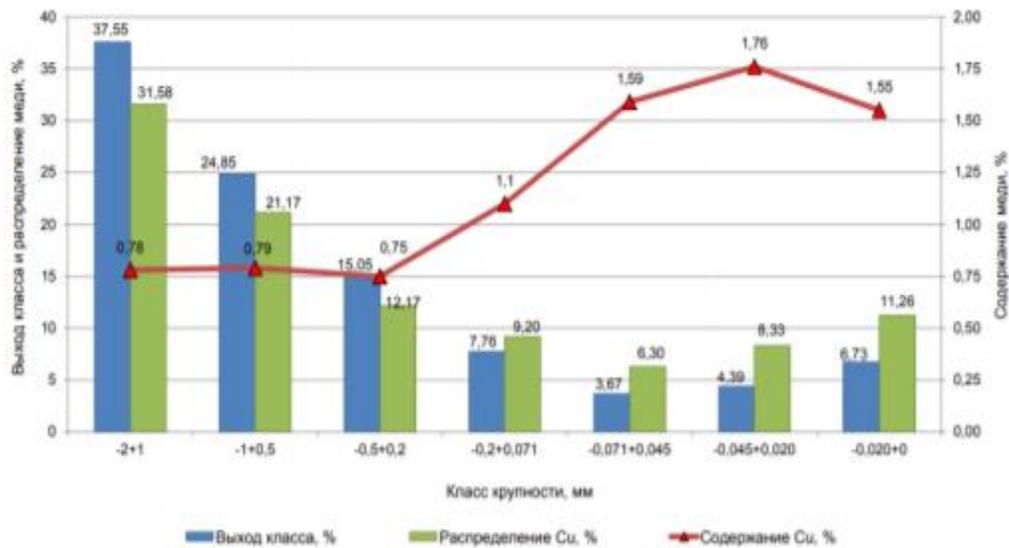


Рисунок 1 – Гранулометрическая характеристика пробы руды месторождения «Актогай» с распределением меди по классам крупности

Минеральный состав сульфидных руд: главные (пирит, халькопирит, молибденит, магнетит); второстепенные (борнит, халькозин, гематит, сфалерит, галенит, титаномагнетит, рутил, сфен, лейкоксен); нерудные (кварц, калишпат, серицит, биотит, хлорит, кальцит, ломантит).

Среднее содержание меди, поступающего на переработку, составляет 0,461 %, молибдена 0,010 %.

Переработка указанных руд Актогайского месторождения осуществляется на обогатительной фабрике, построенной по проекту ТОО «Kazakhmys Project LLC» совместно с Fluor Australia Pty Ltd.

Технологическая схема переработки руд представлена на рис.2, которая предусматривает следующие процессы: первичное дробление в конусной дробилке до крупности -250 мм и двухстадиальное измельчение до крупности 80% $-0,180$ мм.

Дробление руды организовано в одну нитку производительностью 3805 т/ч. Далее руда ленточным конвейером подается в корпус измельчения. На обогатительной фабрике организовано двухстадиальное измельчение дробленой руды, первая стадия измельчения в

шаровой мельнице полусамозмельчения (SAGMill FLSmidth 40'×26') до класса крупности 80 % кл -0,180 мм, вторая стадия измельчение в шаровых мельницах в замкнутом цикле (FLSmidth 28'-0"×44'-0"). Вторая стадия измельчения проводится в замкнутом цикле с гидроциклонами.

Двухстадиальное додробливание рудной гали, первая в конусных дробилках, вторая в валковой дробилке высокого давления. Далее дробленая рудная галля подается в зумпф мельницы полусамозмельчения.



Рисунок 2 – Технологическая схема переработки руд на обогатительной фабрике Актогай

Флотационное обогащение медно-молибденовой руды с получением коллективного концентрата. Флотационное обогащение на основной и контрольной флотации организовано в самовсасывающих флотомашинах чанового типа фирмы FLSmidth Self Aspirated Flotation Cell, объемом –250 м³. На I перечистой и контрольной флотации, объемом -70 м³, на II перечистой и III перечистой флотации -30 м³.

Концентрат контрольной коллективной флотации поступает в биссерную мельницу (ISAMill) с объемом 10,0 м³, работающей в замкнутом цикле с гидроциклоном. Содержание класса -0,025 мм в нем составляет 80 %. Слив гидроциклонов поступает в камеры флотомашин I перечистой флотации, концентрат которой подвергается еще одной операции перечистки, пенный продукт которого является медным концентратом с содержанием меди 23 %. Концентраты II и III перечистки, направляются в коллективный сгуститель, где происходит процесс сгущения.

Сгущенный продукт поступает на молибденовую флотацию. Флотация осуществляется в механических флотомашинах фирмы FLSmidth Dorr-Oliver RT Internal Launder, объемом -5 м³.

Флотационное обогащение на II-IV перечистных операциях организовано в флотомашинах колонного типа фирмы Eriez Flotation Division. Пенный продукт IV перечистки является готовым молибденовым концентратом с содержанием молибдена 50 %

Литература

1 Baisui Han, Batnasan Altanskh, Kazutoshi Haga, Yasushi Takasaki and Atsushi Shubayama. Coppez Recovery from Silicate-Containing. Low-Grade Copper Ore Using Flotation Followed by High-Pressure Oxidative Leaching. Resources Processing 64. 2017. P.3-14.

Myrzabekova K.D., Mambetalieva A.R., Akkazina N.T.

Intensification of technological processes of the Aktogay ore deposit

Abstract. The given materials shows ore base of the Aktogay deposit. A sieve analysis of the source sample of copper ore was carried out with the detection size classes of the contents of copper, sulfur and iron . There are presented the technological scheme of processing of ore raw materials, including the processes of ore preparation and flotation with the use of modern processing equipment.

Keywords: deposit, sulfide and oxidized ores, sieve analysis, granulometric composition, mineral composition, crushing, grinding, flotation, concentrate, tails.

Мырзабекова К.Д., Мамбеталиева А.Р., Акказина Н.Т.

Актоғай кен орны кендерінің технологиялық процестерін қарқындату

Аңдатпа. Актоғай кенорнының кен қоры туралы мәліметтер сарапталынды. Бастапқы кеннен алынған сынаманың елеушілік талдауы жүргізілді, соның негізінде ірілік кластарындағы мыстың, күкірттің және темірдің үлестері анықталынды. Кен шикізатын өңдеудегі қолданылатын технологиялық сұлба ұсынылды, оның құрамындағы кенді байытуға дайындау және флотация үдерістері, сондай-ақ оларды қолданылатын заманауи қондырғылар қарастырылды.

Түйін сөздер: кенорны, күкіртті және тотықты кендер, елеушілік талдау, гранулометриялық құрам, минералдық құрам, ұсату, ұнтақтау, флотация, концентрат, қалдықтар.

ОТЗЫВ

НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на магистерскую диссертацию

Мырзабекова Коркем Дилдабековна

По специальности 7М07223 – Metallургия и обогащение полезных ископаемых

Тема: “Исследование интенсификации флотационного процесса сульфидных руд Актогайского месторождения”.

Диссертационная работа посвящена исследованиям по интенсификации обогатительного производства в условиях Актогайской обогатительной фабрики.

Развитие технологии и техники для переработки различных руд открывают дополнительные возможности повышения технологических показателей за счет использования современного реагентного режима и используемого технологического оборудования в процессах рудоподготовки, технологии флотационного обогащения минерального сырья.

Объектом исследований является медная сульфидная руда Актогайского месторождения с содержанием меди 0,93%. В разных классах крупности данный показатель варьирует в диапазоне 0,75-1,76%. Медь в сульфидах распределяется на первичные сульфиды меди - 11% от общей массы компонента.

В условиях исследовательской лаборатории обогатительной фабрики были проведены тестовые флотационные испытания в открытом цикле основной и контрольной флотации по оценке эффективности пенообразователей двух компаний Basf и Soday. По лабораторным испытаниям реагент первой компании DP-DMC-1427 позволяет получать более высокое извлечение меди в общий концентрат и при более высоком качестве меди по сравнению с реагентом компании Solvay Cytec OTX – 140. Пенообразователи BASF (DP-OMC-1432 и DMC-1427) позволили получать более высокое извлечение меди в общий концентрат по сравнению с реагентами Cytec-Solvay OTX-140.

По результатам проведенных испытаний по обогащению руды, в соответствии с усовершенствованной технологической схемой, включающей дополнительную стадию доизмельчения концентрата в мельнице ISaMill до 80% класса -25 мкм позволило улучшить качество флотационных концентратов: повысить содержание меди с 22,51% до 26,98%, извлечение с 86,4% до 90,9%.

Магистерская работа по объему, качеству проведенных исследований соответствует требованиям, предъявленным и диссертационным работам, а автор Мырзабекова К.Д. заслуживает ученой степени магистра по специальности 7М07223 – Metallургия и обогащение полезных ископаемых.

Научный руководитель
канд.техн.наук, профессор

 Шаутенов М.Р.
(подпись)

«14» 06 2021 г.

РЕЦЕНЗИЯ

на магистерскую диссертацию
(наименование вида работы)

Мырзабековой Коркем Дильдабековны
(Ф.И.О. обучающегося)

7M07223 – Metallurgy and enrichment of useful minerals
(шифр и наименование специальности)

На тему: Исследование интенсификации флотационного процесса сульфидных руд Актогайского месторождения

ХАРАКТЕРИСТИКА ДИССЕРТАЦИИ:

Работа Мырзабековой К.Д. посвящена интенсификации флотации сульфидных руд Актогайского месторождения с применением эффективных реагентов пенообразователей и процесса сверхтонкого измельчения. Работа выполнена на актуальную тему, так как в настоящее время для получения более высоких показателей флотации требуется усовершенствование реагентного и технологического режима.

Подробно представлена сырьевая база Актогайской обогатительной фабрики, вещественный состав, физико-механические свойства руды с выполнением всех необходимых методов анализа, классификация флотореагентов, используемых на обогатительной фабрике.

Исследовано действие нескольких реагентов пенообразователей фирмы Basf и Solvay в процессе флотации Актогайской сульфидной медно-молибденовой руды. Построены кривые обогатимости меди и молибдена. Реагенты DP-OMC-1427 и DP-OMC-1432 фирмы Basf позволили получить более высокое извлечение меди в общий концентрат по сравнению с реагентами Cytac-Solvay OTX-140.

Приведены данные по использованию дополнительной стадии доизмельчения в мельнице ISA Mill, позволяющей получить нормированный флотационный концентрат для дальнейшей металлургической переработки с повышенным содержанием и извлечением меди.

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

Не приведены данные по применяемым реагентам (состав, структура, свойства). Список литературных источников очень мал. Можно было бы привести анализ технологий переработки подобных руд в странах СНГ и Республике Казахстан на основе более широких литературных данных.

Оценка работы

Рецензируемая магистерская диссертация относится к перспективным в области переработки сульфидных руд. В целом работа соответствует требованиям, предъявляемым к магистерским диссертациям и заслуживает оценки 91 % («отлично»). Магистрант Мырзабекова Коркем Дильдабековна заслуживает присуждения степени магистра по специальности 7M07223 – Metallurgy and enrichment of useful minerals.

Рецензент

Кандидат тех. наук, ведущий научный сотрудник АО «Институт металлургии и обогащения»

 Л.В. Семушкина
" 10 " 06 2021 г.

Ф КазНИТУ 706-17. Рецензия



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: Мырзабекова Коркем Дилдабековна

Название: Исследование интенсификации флотационного процесса сульфидных руд Актогайского месторождения

Координатор: Мэлс Шаутинов

Коэффициент подобия 1:0.1

Коэффициент подобия 2:0

Замена букв:0

Интервалы:0

Микропробелы:13

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:

Диссертационная работа Мырзабековой К.Р. является самостоятельной работой. Заимствования в работе являются добросовестными и не обладают признаками плагиата.

Дата

Подпись заведующего кафедрой /
начальника структурного подразделения

Окончательное решение в отношении допуска к защите, включая обоснование:

Допуск к защите

Дата 7-06-2021г

зав. кафедрой М.О.М.
Барменщикова М.Б.

Подпись заведующего кафедрой /
начальника структурного подразделения

Протокол анализа Отчета подобия Научным руководителем

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

Автор: Мырзабекова Коркем Дилдабековна

Название: Исследование интенсификации флотационного процесса сульфидных руд Актогайского месторождения

Координатор: Мэлс Шаутонов

Коэффициент подобия 1:0.1

Коэффициент подобия 2:0

Замена букв:0

Интервалы:0

Микропробелы:13

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 попытку сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, не допускаю работу к защите.

Обоснование: *Диссертационная работа написана Мырзабековой К.Д. является самостоятельной и не обладает признаками плагиата. Допускается к защите.*

07.06.2021г.

Дата

[Подпись]

Подпись Научного руководителя