

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

Дарибаева Асем Анварқызы

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

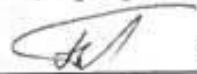
На соискание академической степени магистра

Название диссертации Усовершенствование технологии
флотации медно-молибденовой руды с
применением микрогетерогенных
реагентов

Направление подготовки 7М07223 – Металлургия и обогащение
полезных ископаемых

Научный руководитель:

д.т.н., профессор

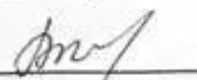
 Тусупбаев Н.К.

« 9 » 06 2021 г.

Рецензент:

д.х.н., профессор, член-корр.РАЕН АО

«Институт химии им.А.Б.Бектурова»

 Джумадилов Т.К.

« 11 » 06 2021 г.

Нормоконтроль:

доктор PhD, сениор-лектор

 Дюсенова С.Б.

« 8 » 06 2021 г.

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

заведующая кафедрой МиОПИ,
кандидат технических наук

 Барменшинова М.Б.

« 14 » 06 2021 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Satbayev University

Институт металлургии и промышленной инженерии

Кафедра металлургии и обогащения полезных ископаемых

7M07223 – «Металлургия и обогащение полезных ископаемых»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующая кафедрой МиОПИ
канд. техн. наук

 М.Б.Барменшинова
« 01 » 02 2021 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение магистерской диссертации

Магистранту Дарибаева Асем Анваркызы

Тема: Усовершенствование технологии флотации медно-молибденовой руды с применением микрогетерогенных реагентов

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

Срок сдачи законченной диссертации « 13 » 06 2021 г.

Исходные данные к магистерской диссертации:

Перечень подлежащих разработке в магистерской диссертации вопросов:

а) Введение;

б) Исследовательская часть;

в) Заключение;

г) Список использованной литературы.

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

Рекомендуемая основная литература:

1. Nasernejad B., Kaghazchi T., Edrisi M., Sohrabi M. Bioleaching of molybdenum from low-grade copper ore //Process Biochemistry.- 1999 (35). – P.437–440.
2. Weiping Liu, Hui Xu, Xiyun Yang, Xichang Shi Extraction of molybdenum from low-grade Ni–Mo ore in sodium hypochlorite solution under

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Satbayev University

Институт металлургии и промышленной инженерии

Кафедра металлургии и обогащения полезных ископаемых

7M07223 – «Металлургия и обогащение полезных ископаемых»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующая кафедрой МиОПИ
канд. техн. наук

 М.Б.Барменшинова
« 01 » 02 2021 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение магистерской диссертации

Магистранту Дарибаева Асем Анваркызы

Тема: Усовершенствование технологии флотации медно-молибденовой руды с применением микрогетерогенных реагентов

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

Срок сдачи законченной диссертации « 13 » 06 2021 г.

Исходные данные к магистерской диссертации:

Перечень подлежащих разработке в магистерской диссертации вопросов:

а) Введение;

б) Исследовательская часть;

в) Заключение;

г) Список использованной литературы.

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

Рекомендуемая основная литература:

1. Nasernejad B., Kaghazchi T., Edrisi M., Sohrabi M. Bioleaching of molybdenum from low-grade copper ore //Process Biochemistry.- 1999 (35). – P.437–440.
2. Weiping Liu, Hui Xu, Xiyun Yang, Xichang Shi Extraction of molybdenum from low-grade Ni–Mo ore in sodium hypochlorite solution under mechanical activation //Minerals Engineering.- 2011 (24). – P.1580-1585.
3. Jun Wu, Chang Wei, Xingbin Li, Sifu Wang, Mingshuang Wang, Cunxiang

ГРАФИК
подготовки магистерской диссертации

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

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

Наименования раздела	Консультант, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Аналитический обзор	Тусупбаев Н.К. к.т.н., профессор	05.03.2021	
Основные методы анализа и исследований		05.04.2021	
Экспериментальная часть		05.05.2021	
Нормоконтроль	Дюсенова С.Б. доктор PhD, сениор- лектор	08.06.2021	

Научный руководитель  Тусупбаев Н.К.

Задание принял к исполнению обучающийся  Дарибаева А.А.

Дата

« 14 » 06 2021 г.

АННОТАЦИЯ

В магистерской работе проведена разработка технологии обогащения медно-молибденовой руды с использованием модифицированных реагентов и турбулентной микрофлотации, что обеспечит более высокое их извлечение полезных компонентов из труднообогатимого сырья. При обогащении молибденовых и медно-молибденовых руд решаются задачи отделения сульфидных минералов от минералов вмещающих пород, разделения сульфидных минералов с получением одноименных концентратов. Трудности обогащения молибденсодержащих руд обусловлены особенностями их вещественного состава. К основным из них относятся: необходимость очень тонкого измельчения некоторых продуктов обогащения, недостаточная эффективность отделения сульфидных минералов от минералов породы, необходимость применения сложных технологических режимов разделения сульфидных минералов. Поэтому актуальной является проблема изыскания новых технологических методов и схем обогащения молибденсодержащих руд.

АНДАТПА

Магистрлік жұмыста модификацияланған реагенттерді және турбулентті микрофлотацияны пайдалана отырып, мыс-молибден кенін байыту технологиясы әзірленді, бұл қиын байытылатын шикізаттан олардың пайдалы компоненттерін неғұрлым жоғары алуды қамтамасыз етеді. . Молибден және мыс-молибден кендерін байыту кезінде сульфидті минералдарды сыйымды жыныстардың минералдарынан бөлу, сульфидті минералдарды аттас концентраттар алу арқылы бөлу міндеттері шешіледі. Құрамында молибден бар кендерді байыту қиындықтары олардың материалдық құрамының ерекшеліктеріне байланысты. Олардың негізгілеріне мыналар жатады: кейбір Байыту өнімдерін өте ұсақтау қажеттілігі, сульфидті минералдарды тау жыныстарынан бөлу тиімділігінің жеткіліксіздігі, сульфидті минералдарды бөлудің күрделі технологиялық режимдерін қолдану қажеттілігі. Сондықтан молибден бар кендерді байытудың жаңа технологиялық әдістері мен схемаларын іздестіру өзекті мәселе болып табылады.

ANNOTATION

In the master's work, the development of a technology for the enrichment of copper-molybdenum ore using modified reagents and turbulent microflotation was carried out, which will ensure a higher extraction of useful components from difficult-to-enrich raw materials. . When processing molybdenum and copper-molybdenum ores, the tasks of separating sulfide minerals from the minerals of the host rocks, separating sulfide minerals to obtain concentrates of the same name are solved. Difficulties in the enrichment of molybdenum-containing ores are caused by the peculiarities of their material composition. The main ones include: the need for very fine grinding of some enrichment products, insufficient efficiency of separation of sulfide minerals from rock minerals, the need for complex technological modes of separation of sulfide minerals. Therefore, the problem of finding new technological methods and schemes for the enrichment of molybdenum-containing ores is urgent.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	9
1 Аналитический обзор литературы	
1.1 Отработка технологических режимов флотации медно-молибденовой руды базовыми реагентами	14
1.1.1 Отработка технологических параметров селекции коллективных медно-молибденовых концентратов на разноименные с применением базовых реагентов	14
1.1.2 Обогащение молибденосодержащих руд	20
Выводы по первому разделу	22
2 Нарботка флотационного коллективного медно-молибденового концентрата и изучение его вещественного состава	23
2.1 Особенностью расположения медно-молибденового месторождения	23
2.2 Минералогический состав пробы руды Шорского месторождения	24
Выводы по второму разделу	36
3 Отработка режима селекции коллективного медно-молибденового концентрата с применением базовых реагентов	37
3.1 Усовершенствование технологии селекции коллективного медно-молибденового концентрата Шорского месторождения с применением микроэмульсионных реагентов	44
Выводы по третьему разделу	49
4 Заключение	50
5 Список использованной литературы	53
6 Приложение А	

ВВЕДЕНИЕ

Оценка современного состояния решаемой научно-технической проблемы

В настоящее время производство тугоплавких редких металлов - вольфрама, молибдена, циркония, гафния - в Казахстане практически отсутствует, хотя имеются значительные запасы молибдено-вольфрамовых руд, вольфрама, циркония – на месторождениях и в россыпях. Основными рудообразующими минералами являются вольфрамит, касситерит, молибденит, висмутовые минералы, содержащие также олово, скандий, тантал, ниобий, теллур. Потери при добыче, обогащении и металлургической переработке редких и редкоземельных металлов достигают до 80-85 %. Казахстан занимает первое место в мире по разведанным запасам цинка, вольфрама и барита, второе – серебра, свинца и хромитов, третье – меди и флюорита, четвертое – молибдена, шестое – золота.

Более 249 тыс. тонн - шестая часть мировых разведанных запасов молибдена - находятся на территории Казахстана. Комплексные молибденсодержащие руды Казахстана содержат - от 0,005 % до 0,012 % металла. Наиболее крупные запасы молибдена приурочены к рудам Коктенкольского, Актогайского, Верхне-Кайрактинского, Караобинского, Айдарлинского месторождений. Ежегодный выпуск молибдена в концентрате колеблется от 0,5 до 0,8 тыс. т. В Казахстане разведанные запасы заключены в 33 преимущественно мелких и средних месторождениях, среднее содержание молибдена в рудах которых – 0,017%. Основная часть запасов (60 %) сосредоточена в комплексных вольфраммолибденовых штокверковых (Коктенкольское), скарновых (Северо-Катпарское) и жильных (Акчатауское, Восточно- и Северо-Коунрадские) месторождениях. Средние содержания молибдена в рудах этих месторождений колеблются от 0,04 до 0,07 %.

Запасы молибдена Казахстана сосредоточены более в чем 30-ти месторождениях, они оцениваются на уровне около 1 млн. т. В настоящее время в Республике Казахстан началась разработка Шорского (Семипалатинская область) и Кызылту-Селетинского (Акмолинская область) месторождений молибденовых руд. Освоение этих месторождений проводит ТОО "Моликен" (на базе ТОО "Степногорский горно-химический комбинат"), созданное в июле 2005 г. национальной атомной компанией (НАК) "Казатомпром" и компанией Eureka Mining (Великобритания). На Шорском месторождении компания планирует добывать и перерабатывать до 750 тыс. т руды, на Кызылту-Селетинском - 500 тыс. т руды. Первая очередь обогатительной фабрики ТОО "Степногорский горно-химический комбинат" пущена в апреле 2006 г. В 2007 г. комбинат

планировал выйти на уровень производства 1 тыс. т обожженного молибденового концентрата (оксида молибдена) в год. В планах предприятия - расширение номенклатуры молибденовой продукции - выпуск парамолибдата аммония, ферромолибдена (1,5 тыс. т в год) и металлического молибдена. Также компанией "Казахмыс" предполагается разработка Божекульского месторождения медно-молибденовых руд.

В последние годы проводятся многочисленные исследования по усовершенствованию технологии извлечения молибдена и меди из молибден- и медьсодержащих руд. Разрабатываются различные технологии извлечения – гидрометаллургические и флотационные. Так, в [1] предлагается биовыщелачивание молибдена от низкосортных медных руд, используя бактерии *Thiobacillus ferrooxidans*. При этом в оптимальных условиях (рН фактор 1.5, Т 32°С) извлечение молибдена превысило 93 %. Проводились исследования по выщелачиванию молибдена из никель-молибденовых и молибденовых руд с использованием гипохлорита натрия, трибутилфосфата, азотно-кислотным методом [2-5]. Изучается много флотационных способов обогащения медно-молибденовых руд с применением различных реагентов – карбоксилметилцелюлозы, «Берафлот», ОПСБ и многих других [6-16].

В лаборатории геолого-технологического изучения сырья ООО «Институт Гипроникель» проведены работы по разработке схем обогащения медно-молибденовых руд месторождения Ак-Суг и молибденовых руд Ореkitканского месторождений. В ходе технологических исследований на ореkitканской руде, проведенных в лаборатории ГТИС, выявлена оптимальная крупность измельчения руды – 70-75 % класса -0,074 мм, выполнены флотационные исследования, дана оценка эффективности использования новых реагентов. Опыты по замене вспенивателя DSF-004 на ОПСБ при обогащении ореkitканской руды показали, что эффективность обогащения молибдена резко возрастает. Были протестированы несколько собирателей: № 79а – отечественный реагент, селективный по отношению к пириту; AeroMX-3601, также селективный к пириту (производство фирмы Cytex (США)), реагент хорошо зарекомендовал себя при флотации Эрдэнэтских медно-молибденовых руд (Монголия); реагент МБХ, аналог AeroMX-3601, разработанный в институте «Гинцветмет». Лучшие результаты обогащения были получены с реагентом AeroMX-3601. Месторождение Ак-Суг является преимущественно медным с попутными молибденом и золотом. Промышленное значение имеют такие минералы меди как халькопирит, борнит, теннантит и халькозин. Молибден представлен главным образом молибденитом, хотя отмечен и ферримоллибдит. Одним из наиболее востребованных в последнее время вспенивателей является метилизобутилкарбинол (МИБК). Были протестированы два вспенивателя – МИБК и DSF-004. Только при расходе 100 г/т вспенивателя DSF-004 достигаются

показатели обогащения полученные с МИБК. При этом расход последнего в два раза ниже.

Авторами [12,17] рекомендовано в качестве модификаторов сульфидных руд использовать ряд органических соединений. На примере флотации медно-молибденовых руд месторождения Эрдэнэтийн-Овоо показано, что применение в коллективной флотации N,N-диалкил-N-аренсульфонилформамидинов дает возможность повысить как качество коллективного концентрата, так и извлечение в него соединений меди и молибдена. На основе положительных результатов промышленной эксплуатации способа разделения медно-молибденовых и медно-молибденово-пиритных концентратов на Балхашской обогатительной фабрике с применением депрессора МФТК сотрудники ФГУП «Институт «Гинцветмет» провели исследования по применению этого реагента для разделения коллективного медно-молибденового концентрата, получаемого на КОО «Предприятие Эрдэнэт». Было установлено, что с применением МФТК извлечение молибдена из руды возрастает на 4-5 % [18,19].

В институте химии и химической технологии СО РАН (Россия) проводились исследования по применению для флотации эффективных аполярных реагентов – сернисто-ароматических концентратов нефти. В сравнении было изучено влияние химического состава сернисто-ароматических концентратов, экстрагированных из высокосернистых фракций нефти, на их флотационную активность в композиции с сульфидрильным собирателем.

Исследования проводились на полиметаллических рудах (месторождения «Жайрем» и «Николаевское»), при обогащении упорных золотосодержащих руд Восточного Казахстана, при флотации молибдена.

Установлено, что одним из основных критериев флотационной активности аполярного реагента является его групповой химический состав.

Групповой состав исследуемых образцов реагентов (насыщенные соединения, легкие, средние, тяжелые ароматические соединения и кислые смолы) определен на хроматографе «Градиент». Из полученных результатов очевидна зависимость извлечения цинка, золота и других металлов от группового состава аполярного реагента. Установлено, что наибольший интерес из аполярных реагентов представляют нефтяные концентраты, обогащенные замещенными циклическими сульфидами и нафталинами с преобладанием конденсированных биароматических соединений.

При флотации молибденовых руд сернисто-ароматические концентраты могут применяться как самостоятельные реагенты-собиратели. Извлечение молибдена возрастает до 3 % по сравнению с традиционным собирателем керосином.

Обоснование необходимости проведения НИР

Приоритетным направлением горно-металлургического комплекса Казахстана является, прежде всего, комплексное использование минерально-сырьевых ресурсов и создание конечных переделов их переработки, обеспечивающих выход на изделия высокой товарной готовности с учетом спроса внутреннего и внешнего рынков. С развитием новейших отраслей науки и техники во всем мире резко возросла роль редких и редкоземельных металлов, используемых в ведущих отраслях производства и обеспечивающих экономическую и оборонную безопасность любого государства. В Казахстане производство редких и редкоземельных металлов осуществляется на специализированных предприятиях, и как сопутствующая продукция - на предприятиях цветной металлургии. Казахстан обладает значительным количеством минерального сырья редких и редкоземельных металлов, и при его рациональном использовании многие годы может развивать в стране современные отрасли науки и техники, а также реализовывать редкометальную и редкоземельную продукцию на мировом рынке, непрерывно повышая ее чистоту и степень готовности для использования в различных отраслях. Страна должна ориентироваться на создание собственной сырьевой базы и перерабатывающих отраслей редких и редкоземельных металлов, чтобы в перспективе занять достойное экономическое и стратегическое положение на рынке. Обладая значительными сырьевыми запасами, содержащими редкие и редкоземельные металлы, Казахстан является поставщиком на мировой рынок некоторых промпродуктов, концентратов, металлов технической чистоты, причем эти поставки составляют не более 8-10 % от потенциала страны. Разработка технологии обогащения медно-молибденовой руды с использованием модифицированных реагентов и турбулентной микрофлотации обеспечит более высокое их извлечение полезных компонентов из труднообогатимого сырья.

Актуальность

Молибденсодержащие руды обогащаются флотационными методами, поскольку основной молибденовый минерал – молибденит обладает высокой флотоактивностью. При обогащении молибденовых и медно-молибденовых руд решаются задачи отделения сульфидных минералов от минералов вмещающих пород, разделения сульфидных минералов с получением одноименных концентратов. Трудности обогащения молибденсодержащих руд обусловлены особенностями их вещественного состава. К основным из них относятся: необходимость очень тонкого измельчения некоторых продуктов обогащения, недостаточная эффективность отделения сульфидных минералов от минералов породы, необходимость применения сложных технологических режимов разделения сульфидных минералов [20].

Разработка эффективной технологии переработки медно-молибденовых руд, обусловлена в первую очередь тем, что такие руды составляют значительную часть разведанных и эксплуатируемых медно-молибденовых месторождений Республики Казахстан, к которым относятся Тастау, Коунрад, Саяк, руды этих месторождений обогащаются на фабриках, с использованием флотации с получением медного, молибденового и магнетитового концентратов, а также молибдата кальция, перрената аммония.

В работе предлагается технология переработки медно-молибденовых кеков, с использованием более эффективных и экономичных реагентов-восстановителей углерода и водорода, для получения товарных продуктов триоксида молибдена, молибдена и меди. Поэтому актуальной является проблема изыскания новых технологических методов и схем обогащения молибденсодержащих руд.

Новизна темы

Новизной темы является разработка эффективной технологии флотации медно-молибденовой руды с применением новых модифицированных реагентов установление закономерностей флотации в зависимости от различных факторов.

Аналитической обзор литературы

1 Отработка технологических режимов флотации медно-молибденовой руды базовыми реагентами.

На территории Казахстана до 1998 г. разрабатывались мелкие месторождения медно-молибденовых руд (Коунрадское, Саякская), в которых сосредоточено менее 1 % запасов молибдена республики. В настоящее время перерабатывается и осваиваются такие месторождения как Шатырколь, Шорское, Актогай, Бозшаколь. Коллективная флотация сульфидов меди и молибдена ведется с применением бутилксантогената натрия в сочетании с аполярными углеводородами (дизтопливо, керосин) и пенообразователем. Недостатком известного флотационного реагента является необходимость введения дополнительных собирателей, так как эффективная флотация молибденита достигается только после добавки аполярных собирателей (керосина, дизельного топлива, трансформаторного масла и других). Поскольку аполярные собиратели являются пеногасителями, такая смесь требует дополнительного введения пенообразователя. Недостатком является также низкая селективность (попутное извлечение пирита).

Аполярные реагенты не имеют в своем составе своих молекулсолидофильной группы и поэтому лишены возможности химически фиксироваться на поверхности минералов. Они представлены жидкими углеводородами, главным образом нефтяного происхождения, и их закрепление на минеральной поверхности можно связать с образованием дисперсионных сил между углеводородными цепями реагента и поверхностью минерала. Эмульгированные аполярные реагенты особенно полезны при флотации шламистых минералов.

1.1.1 Отработка технологических параметров селекции коллективных медно-молибденовых концентратов на разноименные с применением базовых реагентов

Молибден относится к редким элементам, его кларк в земной коре равен $1,1 \cdot 10^{-4} \%$ по массе. Кроме того, оценено общее содержание его во Вселенной ($5 \cdot 10^{-7} \%$ по массе или $10^{-8} \%$ от общего количества атомов), на Солнце ($9 \cdot 10^{-7} \%$ (масс.) или $10^{-8} \%$ (ат.)), углеродистых метеоритах ($1,2 \cdot 10^{-4}$ (масс.) или $2,5 \cdot 10^{-5} \%$ (ат.)), морской воде ($10^{-6} \%$ (масс.) или $6,4 \cdot 10^{-8} \%$ (ат.)), речной воде ($8 \cdot 10^{-8} \%$ (масс.) или $8 \cdot 10^{-10} \%$ (ат.)).

Молибденовые руды принято делить по минеральному составу и форме рудных тел на жильные (кварцевые, кварц-серицитовые и кварц-молибденит-вольфрамитовые), прожилково-вкрапленные (кварц-молибденит-серицитовые,

медно-молибденовые, медные порфировые с молибденом), скарновые (молибденовые, вольфрамо-молибденовые и медно-молибденовые). Серицит – природный алюмосиликат. Скарны – это породы, образовавшиеся на контакте известняков и кислых магматических пород типа гранитов, богатых кварцем. Медно-порфировые месторождения представлены породами, в которых кварцевые жилы с молибденитом образуют прожилки в измененной породе. Месторождения монометалльных молибденовых руд формировались в процессах тектоно-магматической активизации на платформах и в областях завершенной складчатости, пространственно и генетически связаны с крупными интрузивами умереннокислых гранитоидов, с их экзо - и эндоконтактами.

Медно-молибденовые месторождения образовались в позднеорогенную стадию развития геосинклиналей. Интрузивы, с которыми генетически или парагенетически связано оруденение, представлены породами монцититового ряда. Месторождения располагаются преимущественно в эндоконтактных зонах материнских плутонов. Раньше наибольшее промышленное значение имели кварцевые жильные месторождения, сейчас жильные месторождения, в основном, выработаны и ценны прожилково-вкрапленные и скарновые месторождения. Более 60 % запасов молибдена и около 70 % его добычи приходится на медно-молибден-порфировые месторождения. Из них молибден добывается попутно с медью [21].

Еще в 2001 г. США считались мировым лидером по запасам молибдена, но недавно ситуация изменилась с открытием новых молибденовых месторождений в Китае. Распределение (на 2004 г.) разведанных ресурсов молибденовых руд (в пересчете на свободный металл) по странам мира представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Мировое распределение разведанных ресурсов молибдена

Страна	Запасы разрабатываемых месторождений, тысячи тонн	Общие разведанные запасы, тысячи тонн
1	2	3
Китай	3300	8300
США	2700	5400
Чили	1100	2500
Канада	450	910
Армения	200	400
Россия	240	360
Мексика	90	230
Перу	140	230
Казахстан	130	200
Киргизия	100	180
Узбекистан	60	150

Продолжение таблицы

11	2	3
Иран	50	140
Монголия	30	50
Всего в мире	8600	19 000

Из 20 известных минералов молибдена основное промышленное значение имеют пять (таблица 2). Главнейший минерал молибденовых руд – молибденит, более 98 % всей добычи молибдена производится из молибденитовых руд. Второстепенную роль играет молибдошеелит, известный в некоторых скарновых месторождениях, и совсем незначительную – повелит, ферримолибдит и вульфенит, развивающиеся в зоне окисления. Промышленное значение имеют также молибдаты урана, широко распространенные в молибден-урановых месторождениях.

Таблица 2 - Главнейшие минералы молибдена

Минерал	Химическая формула	Содержание Мо, %
Молибденит	MoS_2	57,1–60
Молибдошеелит (зейригит)	Ca(W, Mo)O_4	1–24
Повелит	CaMoO_4	48,2
Ферримолибдит	$\text{Fe}_2^{3+} (\text{MoO}_4)_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	39,7–60,2
Вульфенит	$\text{Pb} (\text{MoO}_4)_3$	27–46

Различная растворимость молибденсодержащих минералов в соляной кислоте и щелочах позволяет отдельно определять количество молибдена, связанного с молибденитом, повеллитом, ферримолибдитом и вульфенитом.

Другие молибденсодержащие минералы (кехлинит, комозит, линдгренин, чиллагит, иордизит и др.) встречаются редко.

Молибденовые руды по составу подразделяются на собственно молибденовые, медно-молибденовые и вольфрам-молибденовые. Из этих руд попутно получают: висмут, свинец, цинк, медь, олово, золото, серебро, рений, селен, теллур, германий, скандий. В свою очередь, молибден попутно учитывают и извлекают из руд некоторых урановых, вольфрамовых, медных и полиметаллических месторождений.

По запасам молибдена (тыс. т) месторождения подразделяются на мелкие – до 25, средние – 25–150, крупные – 150–500 и весьма крупные (уникальные) – свыше 500. Все разнообразие форм и условий залегания молибденовых руд охватывает четыре типа месторождений: штокверковый, пласто- и линзообразный, жильный и брекчиевых трубок. Кроме того, имеют место техногенные образования – отвалы бедных или забалансовых руд и шламохранилища.

Самое большое в мире месторождение молибдена – Клаймакс (англ. Climax – наивысшая точка, так как это самое высокое место в США) было открыто в 1924 в штате Колорадо и законсервировано с 1995 в связи с опасностью перепроизводства молибденовой продукции. Крупнейший рудник не будет разрабатываться до тех пор, пока запасы месторождения Empire в том же комплексе, в 100 км к востоку от Клаймакса, не будут истощены.

Добыча молибденсодержащих руд в США ведется в Колорадо (рудник Henderson), Нью-Мексико (месторождение Questa), Айдахо (месторождение Thompson Creek). Попутное извлечение молибдена с медью идет в Аризоне (месторождения Bagdad и Sierrita) и Юте (Bingham Canyon). Точной информации о потенциальных ресурсах молибдена в Китае до сих пор нет, известно лишь, что основная добыча ведется в семи провинциях: Ляонин (горнорудный центр Хулудао), Шаньси (крупнейший молибден-порфировый рудник Циндуичэн), Хэбэй, Хэнань (месторождение Луанчуань), Цзянси (медно-порфировое месторождение Дэсин), Гирин, Шандун. Основная часть месторождений в Канаде расположена на территории Британской Колумбии (рудники Эндако и Китсолт). Ресурсы молибдена в Центральной и Южной Америке представлены, в основном, медно-молибден-порфировыми месторождениями, крупнейшими из которых (Chuquibambata, El Teniente, Los-Pelambres, Andina) владеет чилийская государственная корпорация Codelco (Corp. Nacional del Cobre de Chile). Кроме того, Мексика (месторождение La Caridad) и Перу (рудник Tokepala) располагают весомыми запасами молибдена.

На территории бывшего СССР насчитывается 60 месторождений молибдена, при этом месторождения молибдена разведаны в основном в России, Казахстане, Узбекистане и Армении. По оценке «Инфолайн», запасы молибдена в СНГ превышают 3 млн т.

В России известно 14 разведанных молибденовых месторождений с суммарными запасами около 1,2 млн. т металла (около 40 % всех запасов стран СНГ). Только 9 месторождений имеют балансовые запасы молибдена. Сосредоточены они в Восточной Сибири (82 %), Кабардино-Балкарской Республике (14 %) и Республике Карелия (4 %). Среди крупных месторождений молибдена отметим Сорское, Агаскырское, Орекитанское, Мало-Ойногорское, Бугдаинское (все – в Восточной Сибири), а также Тырнаузское вольфрам-молибденовое месторождение в Кабардино-Балкарии.

До недавнего времени в России разрабатывалось 4 месторождения молибденовых руд, в которых сосредоточено около 30 % разведанных запасов России. В настоящее время разрабатывается 3 месторождения – медно-молибденовые Сорское и Жирекенское и вольфрамо-молибденовое Калгутинское.

Около 29% разведанных запасов молибдена бывшего СССР находится в Казахстане, где разведано 34 месторождения. Основные разведанные запасы

молибдена республики сосредоточены в крупном Коктенкольском месторождении, а также в вольфрам-молибденовом Кайрактинском и крупных медно-молибденовых месторождениях Бощекульское, Актогай и Айдарлы.

На территории Казахстана до 1998 г. разрабатывались мелкие месторождения медно-молибденовых руд (Коунрадское, Саянская группа), в которых сосредоточено менее 1 % запасов молибдена республики. В настоящее время осваиваются два месторождения. Так, в 2005 г. началась разработка Шорского месторождения, с 2007 г. планируется разработка месторождения Кызылту.

В Армении разведено 6 месторождений собственно молибденовых руд, запасы которых составляют 25 % от суммарных по всей территории СНГ. В двух разрабатываемых медно-молибденовых месторождениях (Каджаранском и Агаракском) сосредоточено 92 % запасов республики. Разработку этих месторождений осуществляют, соответственно, Зангезурский и Агаракский медно-молибденовые комбинаты.

В Узбекистане разведено 4 месторождения с запасами около 5,5 % от суммарных по СНГ. Два из них, относящихся к медно-молибденовым (Кальмакырское и Сары-Чеку), разрабатываются Алмалыкским ГМК.

Запасами молибдена в комплексных рудах обладает в ограниченных объемах Кыргызстан. В настоящее время молибденсодержащие руды в республике не добываются.

Следует отметить, что запасы молибдена сосредоточены также в уран-молибденовых рудах (Россия, Казахстан, Кыргызстан), однако государственным балансом они не учитываются.

Основным методом обогащения молибденитовых руд является флотация – способ разделения мелких частиц различных веществ, основанный на различной их смачиваемости и накоплении на поверхности раздела фаз. Сначала молибденитовая руда предварительно измельчается в дробилках, затем в шаровых мельницах, а потом поступает на коллективную сульфидную флотацию. С помощью этого процесса удается получить концентрат, содержащий до 10 % молибдена. Полученный молибденовый концентрат поступает далее на селективную флотацию с применением специальных реагентов, в процессе которой (при заданном значении pH) происходит селективное отделение MoS_2 от других сульфидов (халькопирита и пр.). Повторяя этот процесс 5–6 раз (с промежуточным измельчением), получают, в зависимости от технологии и первоначального минералогического состава, качественный молибденовый концентрат с содержанием Mo 48–58,6 %, Cu 0,01–2,2 %. Следует отметить высокую степень извлечения молибденита в процессе флотации, составляющую 90–95 % и выше [10–12].

Сейчас 80 % получаемого в мире молибдена используется в черной металлургии: в производстве низколегированных нержавеющей сталей,

содержащих менее 4 % Мо, быстрорежущих и других инструментальных сталей, доля молибдена в которых достигает 9,5 %. Молибден улучшает легирующие свойства хрома в нержавеющей сталях, что особенно важно при их использовании в коррозионных средах, например, морской воде или в качестве конструкционных материалов в процессах нефтехимии. Металлорежущие молибденосодержащие инструменты могут закаливаться в процессе работы. В расплавы сталей элемент добавляется в виде молибдата кальция, молибденового ангидрида или ферромolibдена. Ферромolibден обычно получают при восстановлении огарков от обжига MoS_2 в присутствии железа.

Большая часть остального потребления элемента № 42 приходится на молибденсодержащие катализаторы, которые широко применяются в процессах переработки нефти (крекинга, гидроочистки, риформинга), превращения метанола в формальдегид, парофазного окисления пропилена в акролеин, аммонолиза толуола, эпоксидирования различных алкенов и других.

Чистый молибден находит ограниченное применение при изготовлении нагревательных элементов, а также в электровакуумной технике и электроламповом производстве.

Первое место в мире по потреблению молибденовой продукции занимает Западная Европа (35 %), за ней следуют США (25 %) и Япония (17 %). На долю этих регионов приходится более 90 % мирового использования молибдена.

Молибденитовые концентраты служат исходным сырьем для производства ферромolibдена и химических соединений различной степени чистоты: трехокси молибдена, парамolibдата аммония, молибдата натрия и молибдата кальция. Независимо от того, на какой вид продукта перерабатывают молибденитовый концентрат, в промышленной практике обработку его начинают с окислительного обжига, в результате которого получают огарок, состоящий из трехокси молибдена, загрязненной рядом примесей. Огарок затем поступает на выплавку ферромolibдена или на получение чистых соединений молибдена, важнейшее из которых - трехокись молибдена. При этом применяют способ возгонки или гидрометаллургическую (химическую) переработку огарка. Молибденитовые концентраты можно разлагать чисто гидрометаллургическими методами, исключая предварительный окислительный обжиг. К ним относятся: разложение азотной кислотой, окисление молибденита кислородом под давлением в щелочном растворе, обработка концентрата щелочным раствором гипохлорита натрия.

На Балхашской обогатительной фабрике перерабатываются медно-молибденовые руды Коунрадского и Саякского месторождений. Коунрадское месторождение представлено прожилково-вкрапленным медно-молибденовым оруденением, приуроченным к штоку гранодиорит-порфиров. Главные рудные минералы - халькопирит, молибденит, пирит. Основные компоненты руд - медь, молибден, серебро. Руды месторождения подразделяются на сульфидные,

смешанные и окисленные. Саякским рудником разрабатывается одноимённая группа медных месторождений, относящихся к скарновому типу. Геологическое строение месторождений весьма сложное, рудные тела характеризуются прерывистостью, гнездообразным строением. Главные рудные минералы - халькопирит, борнит, магнетит, молибденит. Основные компоненты руд - медь, молибден, железо и др.

1.2 Обогащение молибденсодержащих руд

В настоящее время для обогащения молибденсодержащих руд применяется почти исключительно флотационный способ обогащения, который дает возможность вполне удовлетворительно отделить молибденит от минералов пустой породы и сопутствующих минералов. Гравитационное обогащение находит ограниченное применение. Магнитное обогащение применяется иногда как доводочная операция для отделения железа.

Молибденит принадлежит к легко флотируемым минералам. Поэтому обогащение простых кварцево-молибденовых руд несложно. Вначале обычно проводят коллективную флотацию сульфидов. Затем флотируют молибденит при депрессировании сульфидов меди и железа сернистым натрием или цианидами в щелочной среде. После нескольких перемешиваний получают концентраты, содержащие 85-95 % MoS_2 при извлечении из руды 90 %. В качестве вспенивателя применяют сосновое масло, собирателями служат керосин, трансформаторное масло.

Таким образом, технология флотационного обогащения медно-молибденовых руд включает три основных стадии:

1. Коллективная флотация сульфидов меди, молибдена и пирита в основной и контрольной операции. Эти операции позволяют максимально извлечь металлы при относительно грубом помоле (55-60 % класса – 0,071 мм).

2. Цикл селективной флотации сульфидов меди и молибдена от пирита, включающий:

- доизмельчение грубого коллективного концентрата, позволяющее раскрыть сростки минералов полезных компонентов (преимущественно сульфидов меди и пирита);

- флотацию сульфидов меди и молибдена в сильно щелочной (остаточное содержание CaO 600-800 мг/л) среде.

3. Процесс селекции молибденита от сульфидов меди, в котором, как правило, применяется депрессия сульфидов меди сернистыми соединениями.

Коллективный медно-молибденовый концентрат разделяется с применением пропарки в среде сернистого натрия при температуре 75-80°C. Дробная подача

острого пара непосредственно в камеры флотационных машин позволяет сократить расход дефицитного сернистого натрия в цикле селекции.

В цикле коллективной медно-молибденовой флотации в качестве собирателя применяют керосин и ксантогенат, а для депрессии пирита используют известь [22]. Перед разделением коллективный медно-молибденовый концентрат сгущают при загрузке извести до pH 11,5, обеспечивая десорбцию и удаление значительной части собирателя с поверхности минералов. Перемешивают в течение 1-4 часов с обработкой пульпы острым паром при температуре, близкой к кипению, и аэрацией, затем после разбавления пульпы водой при pH 8,5-8,8 ведут селективную флотацию с добавками углеводородного масла. При этом в пенный продукт извлекают молибденит, камерным продуктом получают медный концентрат.

Недостатками этого способа являются:

- большая продолжительность окислительно-тепловой обработки пульпы и, как следствие этого, значительные энергозатраты и относительно невысокая производительность из-за высокого pH, необходимость которого обусловлена значительным содержанием флотоактивного пирита;

- имеют место высокие до 50 % потери молибдена с отвальными хвостами.

Трудности обогащения молибденсодержащих руд обусловлены особенностями их вещественного состава. К основным из них относятся: необходимость очень тонкого измельчения некоторых продуктов обогащения, недостаточная эффективность отделения сульфидных минералов от минералов породы, необходимость применения сложных технологических режимов разделения сульфидных минералов [1-2]. Поэтому актуальной является проблема изыскания новых технологических методов и схем обогащения молибденсодержащих руд.

Способы переработки стандартных молибденитовых концентратов.

Молибденитовые концентраты служат исходным сырьем для производства ферромолибдена и химических соединений различной степени чистоты: триоксида молибдена, паромолибдата аммония, молибдата натрия, молибдата кальция [23].

Основной, широко применяемый в промышленной практике способ разложения молибденитовых концентратов — окислительный обжиг. Продукт обжига — огарок, содержащий триоксид молибдена и примеси других соединений, поступает на выплавку ферромолибдена и служит исходным продуктом для производства химических соединений, важнейшее из которых триоксид молибдена. Для его получения применяют способ возгонки триоксида из огарков или гидрометаллургические схемы переработки огарка [24].

Разработаны гидрометаллургические способы окисления молибденита, исключаящие окислительный обжиг. К ним относятся разложение азотной кислотой, окисление кислородом под давлением в щелочных и кислых средах,

обработка концентрата растворами гипохлорита натрия. Некоторые из них используются и рассмотрены ниже [23, 24].

Представляют интерес хлорные способы переработки молибденовых огарков или непосредственно молибденитовых концентратов. При хлорировании получают конденсат легко летучего ($t_{\text{ВОЗГ}}=160^{\circ}\text{C}$) диоксидхлорида молибдена MoO_2Cl_2 , из которого можно получить триоксид молибдена высокой чистоты [25, 26].

1.2 Выводы по первому разделу

Отработаны технологические режимы флотации медно-молибденовой руды и селекции коллективных медно-молибденовых концентратов на разноименные с применением базовых реагентов. Исследования проводились на пробе медно-молибденовой руды Балхашской обогатительной фабрики с низким содержанием меди и молибдена. Содержание меди в руде составило 0,6-0,7 %, молибдена – около 0,005 %. Из данной руды возможно получение только молибденового промпродукта.

2.1 Нарботка флотационного коллективного медно-молибденового концентрата и изучение его вещественного состава

Работа по наработке флотационного коллективного медно-молибденового концентрата проводилась на руде Шорского месторождения.

Медно-молибденовое рудопроявление Шорское находится в Восточно-Казахстанской области в 120 км юго-западнее г. Семипалатинска, в 100 км южнее г. Курчатова в 3 км южнее угольного месторождения Каражыра ОАО «Семей Компир».

Район медно-молибденового Шорского месторождения находится в зоне сочленения Чингиз-Тарбагатайского мегаантиклинория и Иртыш-зайсанского мегасинклинория. В плане регионального развития геотектонических структур Шорское медно-молибденовое рудопроявление расположено в северо-западной части Зайсанской складчатой системы.

В геологическом строении месторождения принимают участие отложения кояндинской свиты, представленные серыми, темно-серыми алевритами с прослоями полимиктовых песчаников, линзами гравелитов и конгломератов, прорванные интрузивными породами Саурского интрузивного комплекса. Преобладающая часть площади перекрыта маломощной корой выветривания и современными рыхлыми отложениями. Рудная минерализация, представленная халькопиритом молибденитом, наблюдается в пределах рудопроявления в виде вытянутых штокерковых зон.

По результатам фазового анализа на месторождении выделяются следующие типы руд: окисленные, полуокисленные и сульфидные (первичные) руды. Обогащение руд, содержащих окисленные минералы молибдена (повеллит и молибдит), представляет большие трудности. В настоящее время разработаны способы получения повеллитовых концентратов, однако проблема обогащения руд, содержащих молибдит, до сих пор не решена. Поэтому объектом промышленного освоения служат исключительно первичные молибденсодержащие руды. Площадь месторождения составляет 570 га.

2.1.1 Особенности расположения медно-молибденового месторождения

Особенностью расположения медно-молибденового месторождения является наличие в непосредственной близости боевых скважин, в которых осуществлялись подземные ядерные взрывы.

Руды месторождения – штокерковые, молибденовые, медьсодержащие. Молибденит приурочен преимущественно к кварцевым прожилкам и их зальбандам, реже образует более поздние нитевидные прожилки и просечки. Все рудные тела естественных четких границ не имеют. Все имеют выходы в приповерхностную зону окисления, где сульфидные руды, которыми в основном

сложены рудные тела, превращены в окисленные связи с переходом молибденита в повелит, молибдит и ферромолибдит. Наличие зоны окисления на площади месторождения четко фиксируется по присутствию бурых лимонитовых полос.

На месторождении имеется 3 типа руд: сульфидные; окисленные и полуокисленные.

Объектом промышленного освоения служат исключительно сульфидные Мо-содержащие руды, в связи с проблемой обогащения окисленных полуокисленных руд.

Запасы восточного участка Шорского медно-молибденового месторождения составляют 13885,4 тыс.т руды по категории С₂.

Минеральный состав сульфидных руд: молибденит, пирит, халькопирит, пирротин, шеелит, арсенопирит и ряд менее значимых минералов.

Основным рудообразующим минералом является молибденит, представленный гексагональными пластинчатыми и тонкопластинчатыми агрегатами размером от 0,003 до 0,3 мм. Он находится преимущественно в кварцевых прожилках и их зальбандах, реже образует более поздние нитевидные прожилки и просечки.

Среди рудных минералов установлены: шеелит, повелит, молибдит, лейкоксен, рутил, ильменит, тунгстенит.

Соотношение минералов молибдена по распределению металла следующее: молибденит – 87,86 %; повелит – 10,98 %; молибдит – 1,16 %.

Молибденит – главный минерал, определяющий промышленную ценность руды, морфологически однотипен и представлен гексагональными, пластинчатыми и тонкопластинчатыми кристаллами размером 0,01 – 0,1 мм; редко – 0,5 мм.

2.1.2 Минералогический состав пробы руды Шорского месторождения

Минералогический состав пробы руды Шорского месторождения (рисунки 1,2) следующий:

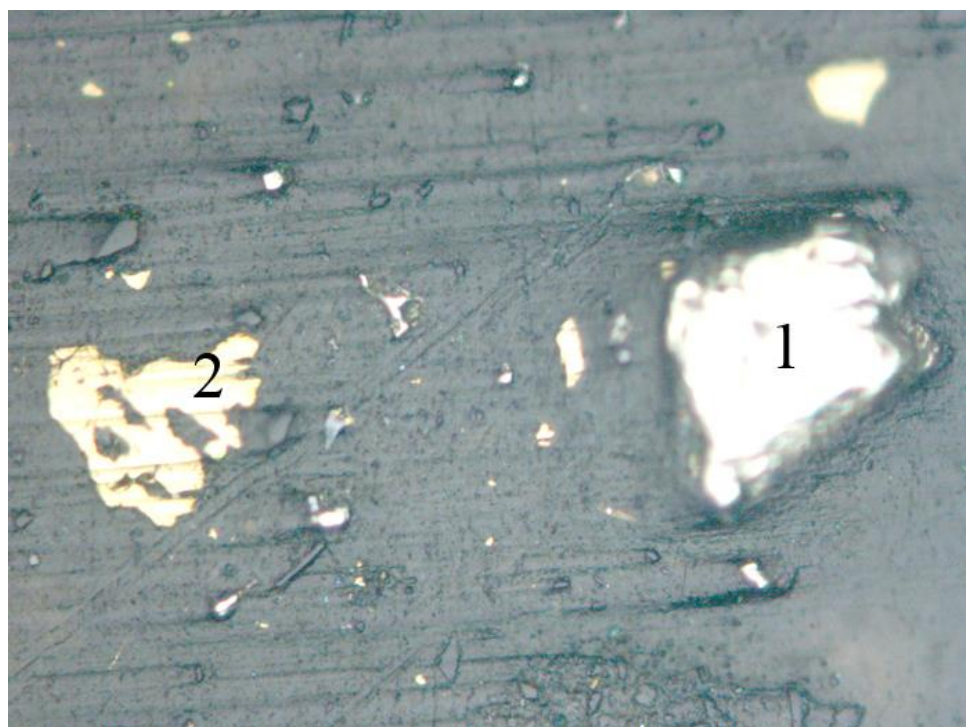
1. Пирит FeS_2
2. Халькопирит CuFeS_2
3. Борнит Cu_5FeS_4
4. Молибденит MoS_2
5. Кварц SiO_2
6. Альбит $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$
7. Тремолит $\text{Ca}_2(\text{Mg,Fe})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$
8. Кальцит CaCO_3

Цифровые указания на фото:

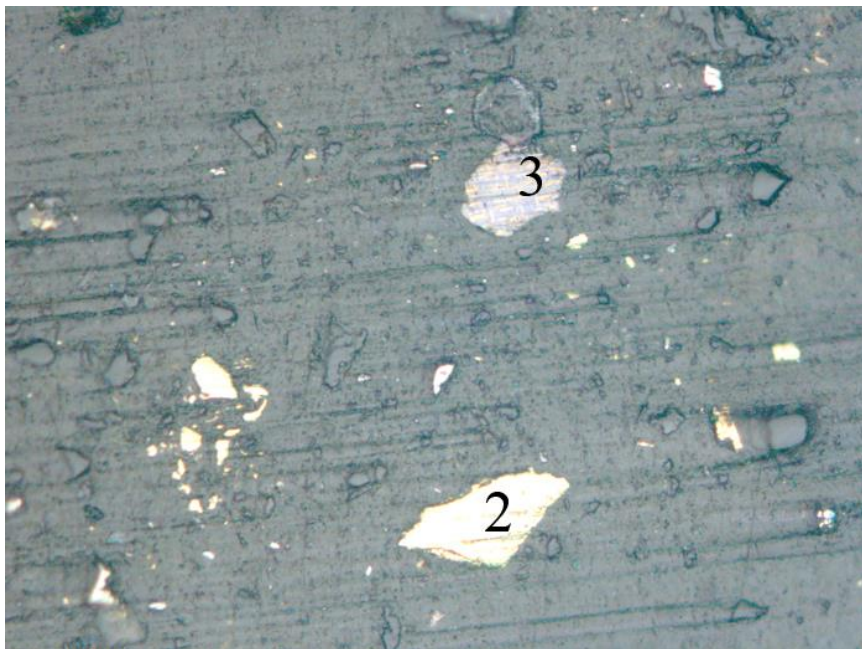
- 1 - Пирит FeS_2
- 2 - Халькопирит CuFeS_2
- 3 - Борнит Cu_5FeS_4

По результатам химического анализа в исследуемой пробе руды содержится 0,02 % молибдена, 2,9 % меди, 15,2 % железа, 13,5 % серы.

Проведен ИКС-анализ руды. Спектры получены на ИК-Фурье спектрометре «Avatar 370» в спектральном диапазоне $4000\text{-}250\text{ см}^{-1}$ от препаратов в виде суспензии на вазелиновом масле в окнах KRS-5, в качестве спектра сравнения снят спектр вазелинового масла. Приставка для экспериментов: Transmission E.S.P.



1 – Пирит 2 - Халькопирит
Рисунок 1 – Минералогический состав руды



2 – Халькопирит 3 - Борнит
Рисунок 2 – Минералогический состав руды

По результатам анализа (рисунок 3) в пробе содержатся:

Кварц $\alpha\text{-SiO}_2$ – 797, 780, 695, 512, 464, 397, 374 см^{-1} .

Кальцит CaCO_3 – 1792, 1418, 876п, 713п см^{-1} ;

Плагиоклаз типа альбита $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ – 1162, 1092, 1007, 991, 761, 744, 648, 610п, 590, 531, 464, 428 см^{-1} .

Пирит FeS_2 – 417, 349 см^{-1} .

Халькопирит CuFeS_2 – 359п, 324п см^{-1} .

Возможно присутствуют:

Мусковит $\text{KAl}_2[(\text{OH}, \text{F})_2] \text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$ – 3626п, 1036, 531 см^{-1} .

Ортоклаз $\text{K}[(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_8]$ - 1036, 761, 726, 648, 590, 428 см^{-1} .

Сфалерит – 290 см^{-1} .

В диапазоне валентных колебаний О–Н наблюдаются полосы поглощения валентных колебаний О - Н с максимумами при волновых числах 3626, 3543, 3390 см^{-1} , полоса деформационных колебаний воды $\delta \text{НОН}$ - 1622 см^{-1} .

В длинноволновой области, где наблюдается проявление связей Ме – О, Ме – S, зафиксированы полосы поглощения при волновых числах 337, 314, 305, 265 см^{-1} . Полосы поглощения с максимумами при волновых числах 337, 314, 265 см^{-1} могут соответствовать валентным колебаниям связей типа $\text{Cu}^{2+} - \text{O}$ (в нитрате, сульфате) – 337 см^{-1} ; $\text{Si}^{+2} - \text{Cl}$ - 314 см^{-1} ; $\text{Cu}^+ - \text{O}$ (в солях)– 265 см^{-1} [22]. Валентные колебания $\text{Fe}^{3+} - \text{O}$ (в силикатах, карбонатах) проявляются в диапазоне 400-300 см^{-1} [23].

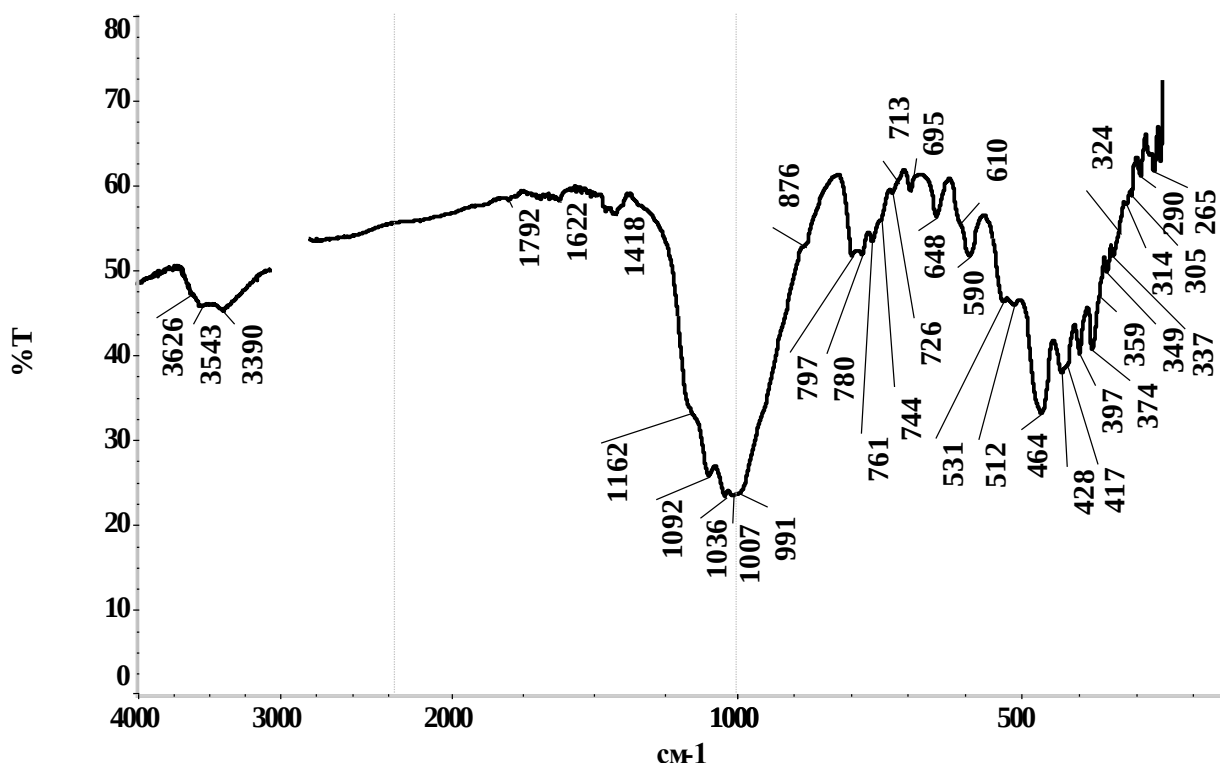


Рисунок 3 - Инфракрасный спектр исходной пробы руды Шорского месторождения

Проведен атомно-эмиссионный качественный спектральный анализ, который показал, что в руде присутствуют:

Si – очень много;

Fe - очень много;

Mg - очень много;

Ca – много;

Al - много;

Na – много; Mn - инт. линии; Ti - инт. линии; Cr - $> 0,03 \%$; Ni - $\geq 0,003 \%$; Bi - $\leq 0,01 \%$; Mo - $\sim 0,01 \%$; Cu – много; Pb - $\leq 0,1 \%$; Zn - $\sim 0,03 \%$; As – $\leq 0,1 \%$; V - $\geq 0,01 \%$; La - $\leq 0,003 \%$; Sb - $\leq 0,1 \%$; Ga - $\sim 0,001 \%$; Ag - $\geq 0,003 \%$

Проведен рентгено-фазовый анализ пробы руды. Диафрагмы образцов производились на аппарате D8 Advance (Bruker), α – Cu, напряжение на трубке 40/40. Обработка полученных данных дифрактограмм и расчет межплоскостных расстояний проводились с помощью программного обеспечения EVA. Результаты рентгенофазового анализа представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Результаты рентгенофазового анализа исходной пробы руды Шорского месторождения

Compound Name	Formula	S-Q
Quartz	SiO_2	42,8
Albite, calcian	$(\text{Ca}_{38}\text{Na}_{62})(\text{Al}_{1,38}\text{Si}_{2,62}\text{O}_8)$	15,1
Chalcopyrite	CuFeS_2	2,7
Pyrite	FeS_2	6,3
Molibdenit	MoS_2	0,1
Magnesium Iron Aluminum Silicate	$\text{Mg}_{2,5}\text{Fe}_{1,65}\text{Al}_{1,5}\text{Si}_{2,2}\text{Al}_{1,8}\text{O}_{10}(\text{OH})_8$	18,5
Tremolite, syn	$\text{Ca}_2\text{Mg}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	14,5

Для лабораторного определения измельчаемости руды проба дробилась на лабораторной щековой дробилке до крупности $-2,5+0$ мм и измельчалась в лабораторной шаровой мельнице. Результаты представлены на рисунке 4.

Содержание класса $-0,071$ мкм

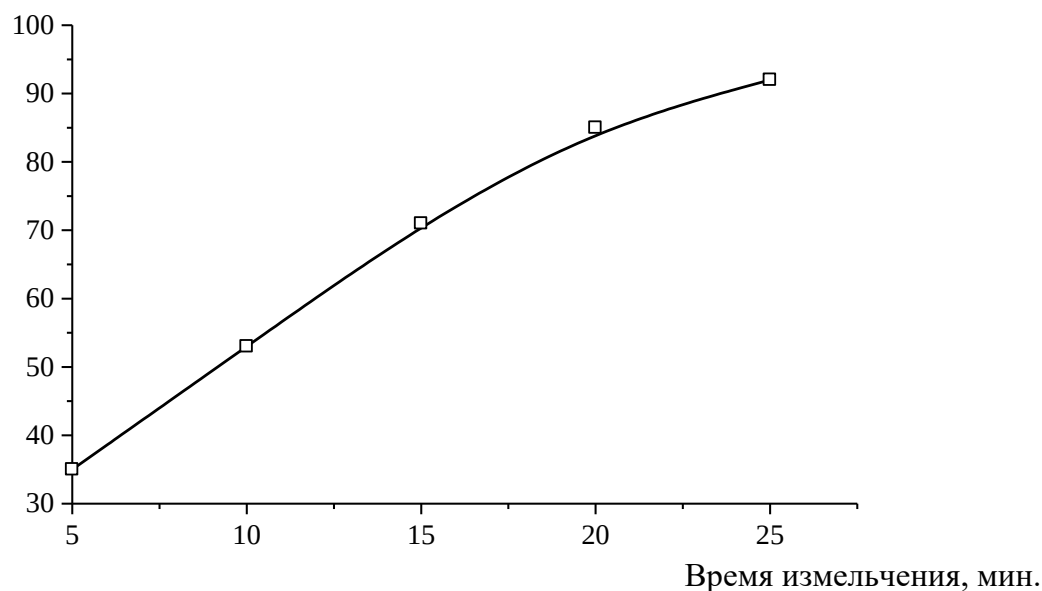


Рисунок 4 – Кинетика измельчения исходной руды

Работа по наработке флотационного коллективного медно-молибденового концентрата из руды Шорского месторождения проводилась по технологическому режиму, включающему измельчение в шаровой мельнице до крупности 65 % класса $-0,074$ мм, флотацию во флотомашинах объемом камер 3,0; 1,0; 0,5; 0,25; 0,15; 0,1 дм^3 .

После измельчения проводили флотационные опыты по получению коллективного медно-молибденового концентрата. В цикле коллективной медно-

молибденовой флотации проводились опыты по установлению оптимального реагентного режима, необходимого для получения медно-молибденового концентрата. Схема коллективной медно-молибденовой флотации руды Шорского месторождения представлена на рисунке 5. Коллективный цикл состоял из основной и контрольной коллективной медно-молибденовой флотации и четырех перечисток коллективного медно-молибденового концентрата.

В процесс измельчения подавали:

- известь для создания рН среды равной 10,0;
- сульфид натрия для сульфидизации минералов.

Основную коллективную медно-молибденовую флотацию проводили в течение 18 минут, контрольную в течение 9 минут и использовали следующие реагенты в качестве:

- аполярного собирателя - керосин;
- собирателя – бутиловый ксантогенат натрия;
- вспенивателя – Т-80.

В первые три перечистки добавляли жидкое стекло для депрессии минералов пустой породы.



Рисунок 5 – Схема коллективной флотации медно-молибденовой руды

Исследования в коллективном цикле проводились при разном расходе керосина и бутилового ксантогената натрия. Определялось оптимальное количество перечисток коллективного медно-молибденового концентрата.

Расход керосина в экспериментах варьировался от 100 до 400 г/т. Результаты коллективной медно-молибденовой флотации в зависимости от разного расхода керосина представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты коллективной медно-молибденовой флотации в зависимости от разного расхода керосина

Наименование продуктов	Выход, %	Содержание, %		Извлечение, %		Примечание
		Cu	Mo	Cu	Mo	
Си-Мо концентрат	1,8	1,1	0,7	25,45	63,69	Керосин 100 г/т
Пр. пр. 1	1,1	0,2	0,03	2,83	1,67	
Пр. пр. 2	0,9	0,3	0,06	3,47	2,73	
Пр. пр. 3	0,5	0,5	0,3	3,21	7,58	
Пр. пр. 4	0,3	0,7	0,4	2,7	6,07	
Конц. контр. фл.	1,6	0,1	0,05	2,06	4,04	
Хвосты	93,8	0,05	0,003	60,28	14,22	
Исходная руда	100	0,078	0,02	100	100	
Си-Мо концентрат	1,9	1,2	0,7	31,09	64,88	Керосин 200 г/т
Пр. пр. 1	1,2	0,3	0,03	4,91	1,76	
Пр. пр. 2	0,8	0,4	0,06	4,36	2,34	
Пр. пр. 3	0,5	0,5	0,3	3,41	7,32	
Пр. пр. 4	0,3	0,7	0,4	2,86	5,85	
Конц. контр. фл.	1,7	0,1	0,05	2,32	4,15	
Хвосты	93,6	0,04	0,003	51,05	13,7	
Исходная руда	100	0,073	0,02	100	100	
Си-Мо концентрат	2,1	1,2	0,7	32,84	65,04	Керосин 300 г/т
Пр. пр. 1	1,3	0,3	0,03	5,08	1,73	
Пр. пр. 2	0,7	0,4	0,06	3,65	1,86	
Пр. пр. 3	0,6	0,5	0,3	3,91	7,96	
Пр. пр. 4	0,4	0,7	0,4	3,65	7,08	
Конц. контр. фл.	1,8	0,1	0,05	2,35	3,98	
Хвосты	93,1	0,04	0,003	48,53	12,36	
Исходная руда	100	0,076	0,023	100	100	
Си-Мо концентрат	2,2	1,1	0,7	30,95	65,14	Керосин 400 г/т
Пр. пр. 1	1,2	0,4	0,02	6,14	1,02	
Пр. пр. 2	0,6	0,5	0,05	3,84	1,27	
Пр. пр. 3	0,6	0,6	0,31	4,6	7,87	
Пр. пр. 4	0,5	0,7	0,42	4,48	8,88	
Конц. контр. фл.	1,9	0,1	0,05	2,43	4,02	
Хвосты	93,0	0,004	0,003	47,57	11,8	
Исходная руда	100	0,078	0,024	100	100	

Из результатов таблицы 2 видно, что оптимальным расходом керосина в коллективном цикле флотации является 200 г/т. При этом получен коллективный медно-молибденовый концентрат с содержанием меди 1,2 %, с содержанием молибдена 0,7 % при извлечении молибдена 64,88 %.

Далее проводились исследования по определению оптимального расхода бутилового ксантогената натрия в коллективной цикле флотации. Результаты коллективной медно-молибденовой флотации в зависимости от разного расхода бутилового ксантогената представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты коллективной медно-молибденовой флотации в зависимости от разного расхода бутилового ксантогената

Наименование продуктов	Выход, %	Содержание, %		Извлечение, %		Примечание
		Cu	Mo	Cu	Mo	
Си-Мо концентрат	1,9	1,1	0,7	28,7	56,08	Бутиловый ксантогенат 100 г/т
Пр. пр. 1	1,2	0,5	0,05	8,25	2,53	
Пр. пр. 2	0,9	0,8	0,06	9,9	2,28	
Пр. пр. 3	0,6	0,9	0,35	7,43	8,86	
Пр. пр. 4	0,4	1	0,4	5,5	6,75	
Конц. контр. фл.	1,5	0,7	0,06	14,44	3,8	
Хвосты	93,5	0,02	0,005	25,72	19,71	
Исходная руда	100	0,73	0,024	100	100	
Си-Мо концентрат	2,1	1,3	0,7	38,38	62,49	Бутиловый ксантогенат 120 г/т
Пр. пр. 1	1,3	0,6	0,05	10,97	2,76	
Пр. пр. 2	1,0	0,7	0,06	9,84	2,55	
Пр. пр. 3	0,6	1,1	0,3	9,28	7,65	
Пр. пр. 4	0,3	1,1	0,4	4,64	5,1	
Конц. контр. фл.	1,4	0,5	0,06	9,84	3,57	
Хвосты	93,3	0,013	0,004	17,05	15,87	
Исходная руда	100	0,071	0,024	100	100	
Си-Мо концентрат	2,5	1,1	0,6	38,38	63,06	Бутиловый ксантогенат 130 г/т
Пр. пр. 1	1,4	0,7	0,04	13,68	2,35	
Пр. пр. 2	1,1	0,7	0,05	10,75	2,31	
Пр. пр. 3	0,6	0,8	0,3	6,7	7,57	
Пр. пр. 4	0,4	0,9	0,4	5,02	6,73	
Конц. контр. фл.	1,5	0,6	0,1	12,56	6,31	
Хвосты	92,5	0,01	0,003	12,91	11,67	
Исходная руда	100	0,071	0,024	100	100	
Си-Мо концентрат	3,1	0,9	0,5	38,26	63,59	Бутиловый ксантогенат 150 г/т
Пр. пр. 1	1,6	0,5	0,04	10,97	2,63	
Пр. пр. 2	1,3	0,6	0,06	10,7	3,2	
Пр. пр. 3	0,7	0,9	0,3	8,64	8,62	
Пр. пр. 4	0,4	0,9	0,4	4,94	6,56	
Конц. контр. фл.	1,7	0,6	0,06	13,99	4,18	
Хвосты	91,2	0,01	0,003	12,51	11,22	
Исходная руда	100	0,072	0,024	100	100	

Результаты таблицы 3 показывают, что оптимальным расходом бутилового ксантогената натрия в коллективном цикле флотации является 120 г/т. При этом получен коллективный медно-молибденовый концентрат с содержанием меди 1,3 %, с содержанием молибдена 0,7 % при извлечении молибдена 62,49 %. Результаты коллективной медно-молибденовой флотации с совместным применением керосина и бутилового ксантогената натрия представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты коллективной медно-молибденовой флотации с совместным применением керосина и бутилового ксантогената

Наименование продуктов	Выход, %	Содержание, %		Извлечение, %		Примечание
		Cu	Mo	Cu	Mo	
Си-Мо концентрат	1,9	1,2	0,7	31,09	64,88	Керосин – 200 г/т Бутиловый ксантогенат 0 г/т
Пр. пр. 1	1,2	0,3	0,03	4,91	1,76	
Пр. пр. 2	0,8	0,4	0,06	4,36	2,34	
Пр. пр. 3	0,5	0,5	0,3	3,41	7,32	
Пр. пр. 4	0,3	0,7	0,4	2,86	5,85	
Конц. контр. фл.	1,7	0,1	0,05	2,32	4,15	
Хвосты	93,6	0,04	0,003	51,05	13,7	
Исходная руда	100	0,073	0,02	100	100	
Си-Мо концентрат	2,0	1,2	0,7	36,7	62,19	Керосин – 200 г/т Бутиловый ксантогенат 100 г/т
Пр. пр. 1	1,3	0,4	0,04	7,95	2,31	
Пр. пр. 2	0,9	0,6	0,06	8,26	2,4	
Пр. пр. 3	0,5	1	0,3	7,65	6,66	
Пр. пр. 4	0,3	1,1	0,4	5,05	5,33	
Конц. контр. фл.	1,7	0,5	0,06	13	4,53	
Хвосты	93,3	0,015	0,004	21,4	16,58	
Исходная руда	100	0,065	0,023	100	100	
Си-Мо концентрат	2,2	1,3	0,7	39,9	65,29	Керосин – 200 г/т Бутиловый ксантогенат 120 г/т
Пр. пр. 1	1,4	0,5	0,04	9,79	2,37	
Пр. пр. 2	0,9	0,8	0,05	10,07	1,91	
Пр. пр. 3	0,5	1,1	0,3	7,69	6,36	
Пр. пр. 4	0,3	1,2	0,4	5,03	5,09	
Конц. контр. фл.	1,5	0,5	0,05	10,49	3,18	
Хвосты	93,2	0,013	0,004	16,94	15,8	
Исходная руда	100	0,071	0,024	100	100	
Си-Мо концентрат	3,5	0,9	0,5	42,33	68,27	Керосин – 200 г/т Бутиловый ксантогенат 150 г/т
Пр. пр. 1	1,8	0,6	0,03	14,51	2,11	
Пр. пр. 2	1,0	0,7	0,05	9,41	1,95	
Пр. пр. 3	0,6	0,8	0,3	6,45	7,02	
Пр. пр. 4	0,4	0,8	0,4	4,3	6,24	
Конц. контр. фл.	1,6	0,5	0,06	10,75	3,75	
Хвосты	91,1	0,01	0,003	12,24	10,66	
Исходная руда	100	0,074	0,026	100	100	

Из представленных данных видно, что наилучшие технологические показатели в случае четырех перечисток коллективного медно-молибденового концентрата достигнуты при совместном применении керосина (200 г/т) и бутилового ксантогената (120 г/т).

При этом получен коллективный медно-молибденовый концентрат с содержанием меди 1,3 % при извлечении 39,9 %, с содержанием молибдена 0,7 % при извлечении 65,29 %.

Проведены исследования по определению оптимального количества перечисток в цикле коллективной флотации. Схема коллективной медно-молибденовой флотации состояла из основной и контрольной коллективной медно-молибденовой флотации и одной, двух, трех и четырех перечисток коллективного медно-молибденового концентрата.

Также проверялась необходимость контрольной флотации. Расход керосина в основной коллективной медно-молибденовой флотации составил 200 г/т, бутилового ксантогената - 120 г/т. Результаты исследований с различным количеством перечисток коллективного медно-молибденового концентрата представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты коллективной медно-молибденовой флотации с различным количеством перечисток коллективного медно-молибденового концентрата

Наименование продуктов	Выход, %	Содержание, %		Извлечение, %		Примечание
		Cu	Mo	Cu	Mo	
Си-Мо концентрат	2,2	1,3	0,7	39,9	65,29	4 перечистки
Пр. пр. 1	1,4	0,5	0,04	9,79	2,37	
Пр. пр. 2	0,9	0,8	0,05	10,07	1,91	
Пр. пр. 3	0,5	1,1	0,3	7,69	6,36	
Пр. пр. 4	0,3	1,2	0,4	5,03	5,09	
Конц. контр. фл.	1,5	0,5	0,05	10,49	3,18	
Хвосты	93,2	0,013	0,004	16,94	15,8	
Исходная руда	100	0,071	0,024	100	100	
Си-Мо концентрат	2,5	1,3	0,7	45,25	71,46	3 перечистки
Пр. пр. 1	1,4	0,5	0,04	9,75	2,29	
Пр. пр. 2	0,9	0,8	0,05	10,03	1,84	
Пр. пр. 3	0,5	1,1	0,3	7,66	6,13	
Конц. контр. фл.	1,5	0,5	0,05	10,44	3,06	
Хвосты	93,2	0,013	0,004	16,87	15,22	
Исходная руда	100	0,072	0,024	100	100	
Си-Мо концентрат	3,0	1,27	0,63	52,95	77,5	2 перечистки
Пр. пр. 1	1,4	0,5	0,04	9,73	2,3	
Пр. пр. 2	0,9	0,8	0,05	10,01	1,85	
Конц. контр. фл.	1,5	0,5	0,05	10,43	3,08	
Хвосты	93,2	0,013	0,004	16,85	15,29	
Исходная руда	100	0,072	0,024	100	100	
Си-Мо концентрат	3,9	1,16	0,48	62,92	78,79	1 перечистка

Пр. пр. 1	1,4	0,5	0,04	9,74	2,36	
Конц. контр. фл.	1,5	0,5	0,05	10,44	3,16	
Хвосты	93,2	0,013	0,004	16,86	15,69	
Исходная руда	100	0,072	0,024	100	100	
Си-Мо концентрат	5,3	0,97	0,36	72,38	80,99	Без перечисток
Конц. контр. фл.	1,5	0,5	0,05	10,56	3,18	
Хвосты	93,2	0,013	0,004	17,06	15,82	
Исходная руда	100	0,071	0,024	100	100	
Си-Мо концентрат	3,0	1,27	0,63	52,78	77,58	2 перечистки, без контрольной флотации
Пр. пр. 1	1,4	0,5	0,04	9,7	2,3	
Пр. пр. 2	0,9	0,8	0,05	9,97	1,85	
Хвосты	94,7	0,021	0,0047	27,55	18,27	
Исходная руда	100	0,072	0,024	100	100	

Из результатов таблицы 5 можно сделать вывод, что для получения коллективного медно-молибденового концентрата с оптимальными показателями необходимо проведение двух перечисток концентрата. При этом получен коллективный медно-молибденовый концентрат с содержанием меди 1,27 % при извлечении 52,95 %, с содержанием молибдена 0,63 % при извлечении 77,5 %. Больше количество перечисток приводит к снижению извлечения меди и молибдена. Также необходимо проведение контрольной медно-молибденовой флотации, которая позволяет уменьшить потери полезных компонентов с хвостами флотации. При проведении двух перечисток и контрольной флотации в хвостах флотации содержание меди составило 0,013 % при извлечении 16,85 %, содержание молибдена – 0,004 % при извлечении 15,29 %. В технологической схеме без контрольной флотации содержание меди в хвостах составило 0,021 % при извлечении 27,55 %, содержание молибдена – 0,0047 % при извлечении 18,27 %.

Изучен вещественный состав полученного коллективного медно-молибденового концентрата. Проведен ИКС-анализ коллективного медно-молибденового концентрата.

Спектр получен на ИК-Фурье спектрометре «Avatar 370» в спектральном диапазоне 4000-250 см⁻¹ от препарата в виде суспензии на вазелиновом масле в окнах KRS-5, в качестве спектра сравнения снят спектр вазелинового масла. Приставка для экспериментов: Transmission E.S.P.

Содержание основных компонентов (рисунок 6):

Кварц α -SiO₂ – 798, 780, 696, 515, 466, 399п, 374 см⁻¹ [27, 28].

Плагиоклаз типа альбита Na[AlSi₃O₈] – 1168п, 993п, 764п, 747п, 650, 590, 475, 466 см⁻¹ [27].

Плагиоклаз типа анортита Ca[Al₂Si₂O₈] – 1021п, 536п см⁻¹ [27].

Пирит FeS₂ – 415, 348 см⁻¹ [24].

Халькопирит CuFeS₂ – 363п, 323п см⁻¹ [24].

Сфалерит ZnS – 292 см^{-1} [24, 29].

Возможно, присутствует гематит $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ – $590, 536, 374 \text{ см}^{-1}$ [30].

В длинноволновой области, где наблюдается проявление связей $\text{Me} - \text{O}$, $\text{Me} - \text{S}$, $\text{Me} - \text{X}$ зафиксированы полосы поглощения при волновых числах $277, 262 \text{ см}^{-1}$.

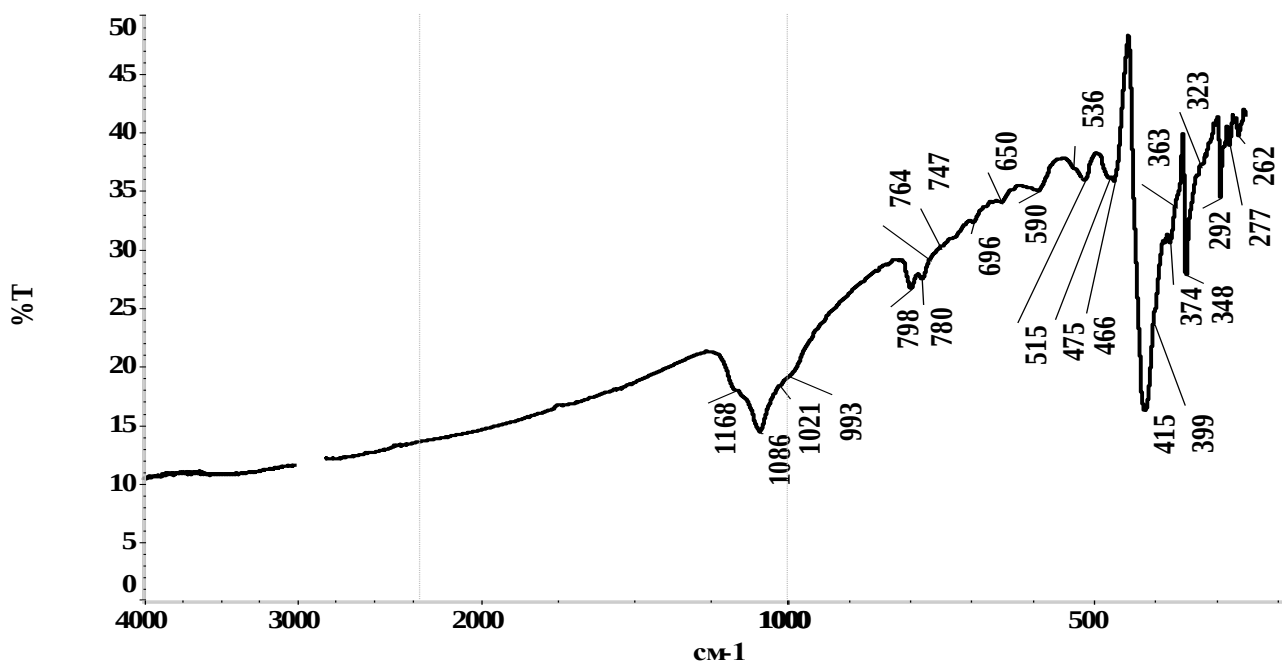


Рисунок 6 - Инфракрасный спектр пробы коллективного медно-молибденового концентрата

Проведен атомно-эмиссионный качественный спектральный анализ, который показал, что в коллективном медно-молибденовом концентрате присутствуют:

Fe - очень много

Al - $\sim 1 \%$

Si - $> 1 \%$

Ca - $\geq 0,01 \%$

Pb - $\sim 0,1 \%$

Sb - $\sim 1 \%$

Mn - $\sim 0,003 \%$

Mg - $\sim 1 \%$

As - $\sim 1 \%$

Bi - $\sim 0,1 \%$

Ag - инт. линии

Zn - $\geq 0,03 \%$

Cu - много

Mo - $\geq 0,03 \%$

По результатам рентгенофазового анализа в коллективном медно-молибденовом концентрате присутствуют:

FeS₂ – много

Cu FeS₂ – мало

MoS₂ – мало

SiO₂ – оч. мало

Cu SbS₁₃ – оч. мало.

Выводы по второму разделу

По результатам химического анализа в исследуемой пробе руды содержится 0,02 % молибдена, 2,9 % меди, 15,2 % железа, 13,5 % серы.

Проведен ИКС-анализ руды. Спектры получены на ИК-Фурье спектрометре «Avatar 370» в спектральном диапазоне 4000-250 см⁻¹ от препаратов в виде суспензии на вазелиновом масле в окнах KRS-5, в качестве спектра сравнения снят спектр вазелинового масла. Приставка для экспериментов: Transmission E.S.P.

3 Отработка режима селекции коллективного медно-молибденового концентрата с применением базовых реагентов

Выполнена работа по отработке технологии селекции коллективного медно-молибденового концентрата, полученного из руды Шорского месторождения, с применением базовых реагентов, в качестве которых применялись сульфид натрия, бутиловый ксантогенат натрия, керосин, Т-80. Технологическая схема включала измельчение исходной руды до крупности 65 % класса 0,074 мм, коллективную флотацию с получением грубого медно-молибденового концентрата, селекцию коллективного концентрата в открытом цикле с использованием сернистого натрия в качестве депрессанта минералов меди и железа. Цикл селекции включал основную и контрольную молибденовую флотацию и пять перечисток молибденового концентрата. Схема флотации и реагентный режим представлены на рисунке 7.

Исследования в цикле селекции проводились при различных условиях: разный расход сернистого натрия, температура, количество перечисток.

Исследования в цикле селекции на определение оптимального расхода сернистого натрия проводились при разном расходе сернистого натрия от 5 до 30 кг/т при температуре 25⁰С. Оптимальный расход сернистого натрия составил 25 кг/т. Результаты селективной флотации по базовой технологии в зависимости от разного расхода сернистого натрия представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Результаты селективного разделения коллективного медно-молибденового концентрата по базовой технологии в зависимости от разного расхода сернистого натрия

Наименование продуктов	Выход, %	Содержание, %		Извлечение, %		Примечание
		Mo	Cu	Mo	Cu	
Mo концентрат	23,4	1,01	2,1	47,7	41,25	Na ₂ S – 5 кг/т
Cu продукт	37,9	0,2	0,8	15,5	25,45	
Пр. пр. 1	8,2	0,4	0,9	6,7	6,19	
Пр. пр. 2	6,3	0,4	1,0	5,1	5,29	
Пр. пр. 3	4,7	0,5	1,1	4,8	4,34	
Пр. пр. 4	3,1	0,7	1,3	4,4	3,38	
Пр. пр. 5	2,9	0,8	1,6	4,7	3,89	
Конц. контр.фл.	13,5	0,4	0,9	11,0	10,20	
Cu-Mo концентр.	100	0,49	1,19	100	100	
Mo концентрат	17,4	2,0	2,1	71,2	29,69	Na ₂ S – 10 кг/т
Cu продукт	41,2	0,1	0,9	8,4	31,64	
Пр. пр. 1	10,5	0,2	1,0	4,3	8,96	
Пр. пр. 2	7,6	0,2	1,1	3,1	7,13	
Пр. пр. 3	5,3	0,3	1,2	3,3	5,43	
Пр. пр. 4	4,2	0,3	1,3	2,6	4,66	
Пр. пр. 5	3,7	0,4	1,5	3,0	4,74	
Конц. контр.фл.	10,1	0,2	0,9	4,1	7,76	

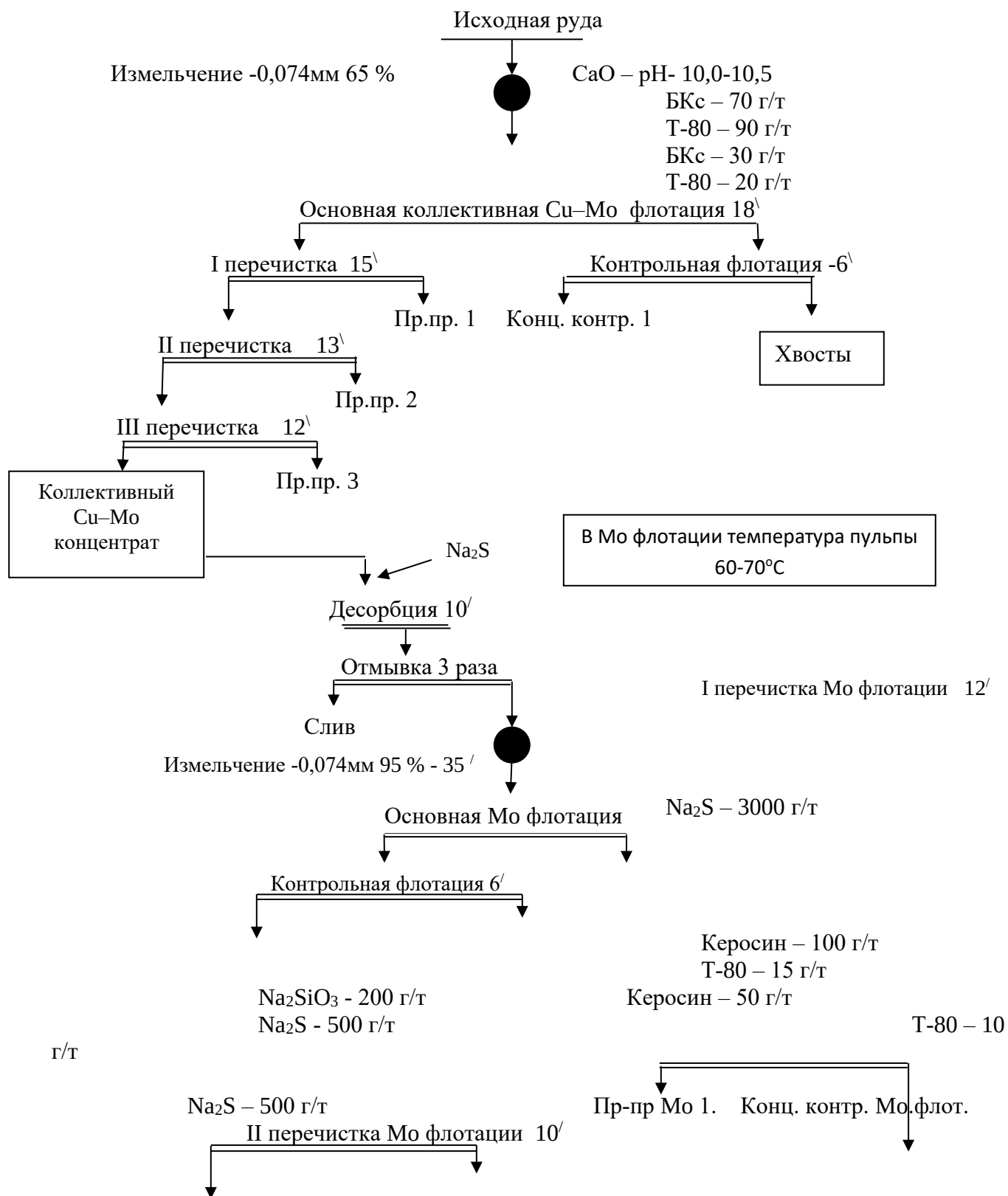
Си-Мо концент.	100	0,49	1,17	100	100	Na ₂ S – 15 кг/т
Мо концентрат	6,0	6,05	3,7	70,2	18,44	
Си продукт	48,7	0,1	0,9	9,5	36,41	
Пр. пр. 1	13	0,2	1,2	5,1	12,96	
Пр. пр. 2	6,5	0,2	1,2	2,5	6,48	
Пр. пр. 3	4,3	0,3	1,2	2,5	4,29	
Пр. пр. 4	3,1	0,3	1,4	1,8	3,61	
Пр. пр. 5	3,0	0,4	1,5	2,3	3,74	
Конц. контр.фл.	15,4	0,2	1,1	6,0	14,07	
Си-Мо концент.	100	0,51	1,20	100	100	Na ₂ S – 20 кг/т
Мо концентрат	2,1	15,6	6,0	66,9	10,93	
Си продукт	48,7	0,1	1,2	9,9	50,68	
Пр. пр. 1	15,2	0,2	0,7	6,2	9,23	
Пр. пр. 2	7,3	0,2	0,8	3,0	5,06	
Пр. пр. 3	6,1	0,3	0,9	3,7	4,76	
Пр. пр. 4	3,6	0,3	1,0	2,2	3,12	
Пр. пр. 5	2,8	0,4	1,1	2,3	2,67	
Конц. контр.фл.	14,2	0,2	1,1	5,8	13,55	
Си-Мо концент.	100	0,49	1,15	100	100	Na ₂ S – 25 кг/т
Мо концентрат	1,3	25,0	3,7	63,4	4,11	
Си продукт	67,8	0,1	1,1	13,2	63,79	
Пр. пр. 1	9,6	0,2	1,2	3,7	9,85	
Пр. пр. 2	5,3	0,5	1,2	5,2	5,44	
Пр. пр. 3	3,7	0,5	1,2	3,6	3,80	
Пр. пр. 4	2,8	0,7	1,4	3,8	3,35	
Пр. пр. 5	2,1	1,0	1,5	4,1	2,69	
Конц. контр.фл.	7,4	0,2	1,1	2,9	6,96	
Си-Мо концент.	100	0,51	1,17	100	100	Na ₂ S – 30 кг/т
Мо концентрат	1,2	25,1	4,2	63,9	4,33	
Си продукт	66,6	0,1	1,1	14,1	62,97	
Пр. пр. 1	10,0	0,1	1,3	2,1	11,17	
Пр. пр. 2	5,8	0,4	1,2	4,9	5,98	
Пр. пр. 3	3,1	0,5	1,2	3,3	3,20	
Пр. пр. 4	3,0	0,6	1,1	3,8	2,84	
Пр. пр. 5	2,7	0,8	1,0	4,6	2,32	
Конц. контр.фл.	7,6	0,2	1,1	3,2	7,19	
Си-Мо концент.	100	0,47	1,16	100	100	

Из результатов таблицы 6 видно, что оптимальным расходом сульфида натрия для лучшей депрессии медных минералов без нагрева является 25 кг/т.

При этом получен молибденовый концентрат с содержанием молибдена 25 % при извлечении 63,4 %.

Также изучалось влияние температуры на процесс селекции коллективного медно-молибденового концентрата при выбранном расходе сернистого натрия 25 кг/т. Температура в процессе селективной флотации варьировалась от 25 до 80⁰С.

Результаты селективного разделения коллективного медно-молибденового концентрата по базовой технологии в зависимости от разной температуры представлены в таблице 7.



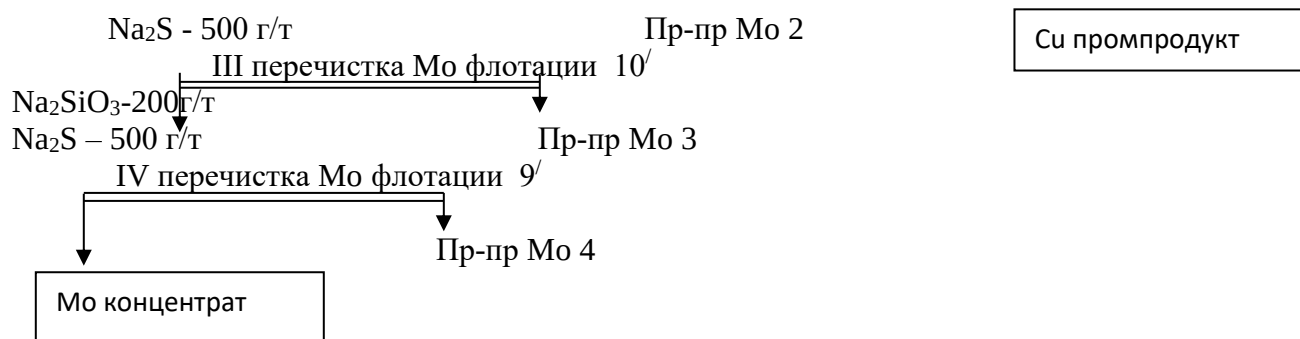


Рисунок 7 – Схема флотации медно-молибденовой руды Шорского месторождения

Таблица 7 – Результаты селективного разделения коллективного медно-молибденового концентрата по базовой технологии в зависимости от разной температуры

Наименование продуктов	Выход, %	Содержание, %		Извлечение, %		Примечание
		Мо	Си	Мо	Си	
Мо концентрат	1,3	25,8	3,4	65,3	3,71	50°C
Си продукт	71,9	0,1	1,3	14,0	78,47	
Пр. пр. 1	7,6	0,2	0,9	3,0	5,74	
Пр. пр. 2	4,7	0,4	0,8	3,7	3,16	
Пр. пр. 3	3,1	0,6	0,7	3,6	1,82	
Пр. пр. 4	2,4	0,8	0,7	3,7	1,41	
Пр. пр. 5	2,1	1	0,6	4,1	1,06	
Конц. контр.фл.	6,9	0,2	0,8	2,7	4,63	
Си-Мо концент.	100	0,51	1,19	100	100	
Мо концентрат	1,28	26,5	3,4	65,7	3,66	70°C
Си продукт	71,72	0,09	1,3	12,5	78,34	
Пр. пр. 1	7,5	0,2	0,9	2,9	5,67	
Пр. пр. 2	4,6	0,3	0,8	2,7	3,09	
Пр. пр. 3	3,2	0,8	0,7	5,0	1,88	
Пр. пр. 4	2,1	0,9	0,7	3,7	1,24	
Пр. пр. 5	2	1,2	0,6	4,6	1,01	
Конц. контр.фл.	7,6	0,2	0,8	2,9	5,11	
Си-Мо концент.	100	0,52	1,19	100	100	
Мо концентрат	1,29	26	3,5	65,6	3,83	80°C
Си продукт	71,91	0,09	1,3	12,6	79,22	
Пр. пр. 1	7,4	0,2	0,8	2,9	5,02	
Пр. пр. 2	4,1	0,3	0,8	2,4	2,78	
Пр. пр. 3	4,1	0,8	0,7	6,4	2,43	
Пр. пр. 4	1,6	0,9	0,5	2,8	0,68	
Пр. пр. 5	1,8	1,2	0,5	4,2	0,76	
Конц. контр.фл.	7,8	0,2	0,8	3,0	5,29	
Си-Мо концент.	100	0,51	1,18	100	100	

Результаты исследований показали, что оптимальной температурой селекции в данном случае является 70⁰С. При этом получен молибденовый концентрат с содержанием молибдена 26,5 % при извлечении 65,7 %.

Проведены исследования на определение оптимального расхода сернистого натрия при температуре 70⁰С. Расход сернистого натрия меняли от 2,5 до 25 кг/т. Результаты работы по селективному разделению коллективного медно-молибденового концентрата по базовой технологии в зависимости от разного расхода сернистого натрия при температуре 70⁰С приведены в таблице 8. Результаты проведенных исследований показали, что повышение температуры в цикле селекции до 70⁰С значительно снижает расход сернистого натрия в цикле селекции коллективного медно-молибденового концентрата с 25 до 5 кг/т.

Таблица 8 – Результаты селективного разделения коллективного медно-молибденового концентрата по базовой технологии в зависимости от разного расхода сернистого натрия при температуре 70⁰С

Наименование продуктов	Выход, %	Содержание, %		Извлечение, %		Примечание
		Мо	Си	Мо	Си	
1	2	3	4	5	6	7
Мо концентрат	1,6	16,4	8,5	50,3	11,39	Na ₂ S – 2,5 кг/т
Си продукт	64,3	0,1	0,7	12,3	37,71	
Пр. пр. 1	7,2	0,3	1,5	4,1	9,05	
Пр. пр. 2	6,5	0,7	1,4	8,7	7,62	
Пр. пр. 3	4,1	1,2	1,3	9,4	4,47	
Пр. пр. 4	2,3	1,3	1,3	5,7	2,51	
Пр. пр. 5	1,9	1,3	1,2	4,7	1,91	
Конц. контр.фл.	12,1	0,2	2,5	4,6	25,34	
Си-Мо концентр.	100	0,52	1,19	100	100	
Мо концентрат	1,3	26,5	3,4	65,9	3,73	Na ₂ S – 5 кг/т
Си продукт	71,4	0,09	1,3	12,3	78,36	
Пр. пр. 1	5,8	0,2	1	2,2	4,90	
Пр. пр. 2	5,1	0,5	1	4,9	4,31	
Пр. пр. 3	2	1	0,9	3,8	1,52	
Пр. пр. 4	1,8	1,1	0,6	3,8	0,91	
Пр. пр. 5	1,2	1,2	0,5	2,8	0,51	
Конц. контр.фл.	11,4	0,2	0,6	4,4	5,77	
Си-Мо концент.	100	0,52	1,18	100	100	
Мо концентрат	1,3	26,2	3,3	64,8	3,64	Na ₂ S – 10 кг/т
Си продукт	71,1	0,1	1,3	13,5	78,32	
Пр. пр. 1	6,6	0,1	1	1,3	5,59	
Пр. пр. 2	5,4	0,5	0,9	5,1	4,12	
Пр. пр. 3	2,1	0,9	0,8	3,6	1,42	
Пр. пр. 4	2	1,1	0,7	4,2	1,19	
Пр. пр. 5	1,5	1,3	0,5	3,7	0,64	

Конц. контр.фл.	10	0,2	0,6	3,8	5,08	
Си-Мо концент.	100	0,53	1,18	100	100	

При температуре 70°C и расходе сернистого натрия 5 кг/т получен молибденовый концентрат с содержанием молибдена 26,5 % при извлечении 65,9 %. То есть повышение температуры пульпы позволяет снизить расход сернистого натрия в пять раз. Но при этом содержание молибдена в молибденовом концентрате и извлечение молибдена, а также меди в медном продукте особо не меняется.

Далее проведены работы по установлению оптимального расхода керосина при селективном разделении медно-молибденового концентрата. Результаты опытов приведены в таблице 9.

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

Наименование продуктов	Выход, %	Содержание, %		Извлечение, %		Примечание
		Мо	Си	Мо	Си	
Мо концентрат	1,1	27,3	2,1	57,3	1,96	Na ₂ S – 5 кг/т Керосин – 90 г/т
Си продукт	76,5	0,14	1,3	20,4	84,25	
Пр. пр. 1	4,8	0,3	0,8	2,7	3,25	
Пр. пр. 2	3,6	0,6	0,7	4,1	2,13	
Пр. пр. 3	1,8	1,2	0,6	4,1	0,91	
Пр. пр. 4	1,6	1,5	0,5	4,6	0,68	
Пр. пр. 5	1,1	1,5	0,4	3,1	0,37	
Конц. контр.фл.	9,5	0,2	0,8	3,6	6,44	
Си-Мо концентр.	100	0,52	1,18	100	100	
Мо концентрат	1,3	26,5	3,4	65,9	3,73	Na ₂ S – 5 кг/т Керосин – 120 г/т
Си продукт	71,4	0,09	1,3	12,3	78,36	
Пр. пр. 1	5,8	0,2	1	2,2	4,90	
Пр. пр. 2	5,1	0,5	1	4,9	4,31	
Пр. пр. 3	2	1	0,9	3,8	1,52	
Пр. пр. 4	1,8	1,1	0,6	3,8	0,91	
Пр. пр. 5	1,2	1,2	0,5	2,8	0,51	
Конц. контр.фл.	11,4	0,2	0,6	4,4	5,77	
Си-Мо концент.	100	0,52	1,18	100	100	
Мо концентрат	1,3	27,1	4,5	68,1	4,86	Na ₂ S – 5 кг/т Керосин – 150 г/т
Си продукт	69,1	0,08	1,3	10,7	74,63	
Пр. пр. 1	8,4	0,2	1,1	3,2	7,68	
Пр. пр. 2	5	0,4	1,2	3,9	4,98	
Пр. пр. 3	2,1	0,9	1,1	3,7	1,92	
Пр. пр. 4	1,5	1,1	1	3,2	1,25	
Пр. пр. 5	1,2	1,2	0,9	2,8	0,90	

Конц. контр.фл.	11,4	0,2	0,4	4,4	3,79	
Cu-Mo концент.	100	0,52	1,20	100	100	

При расходе керосина 150 г/т получен молибденовый концентрат с содержанием молибдена 27,1 % при извлечении 68,1 %. Поэтому оптимальным расходом керосина в цикле селекции принимается расход 120 г/т.

Далее медный промпродукт, полученный после извлечения молибдена направлялся на медную флотацию. Схема флотации (рисунок 8) включала основную медную флотацию, контрольную флотацию и две перечистки медного концентрата.

Результаты флотации с получением медного концентрата представлены в таблице 10. Исследования проводились при разном расходе бутилового ксантогената.

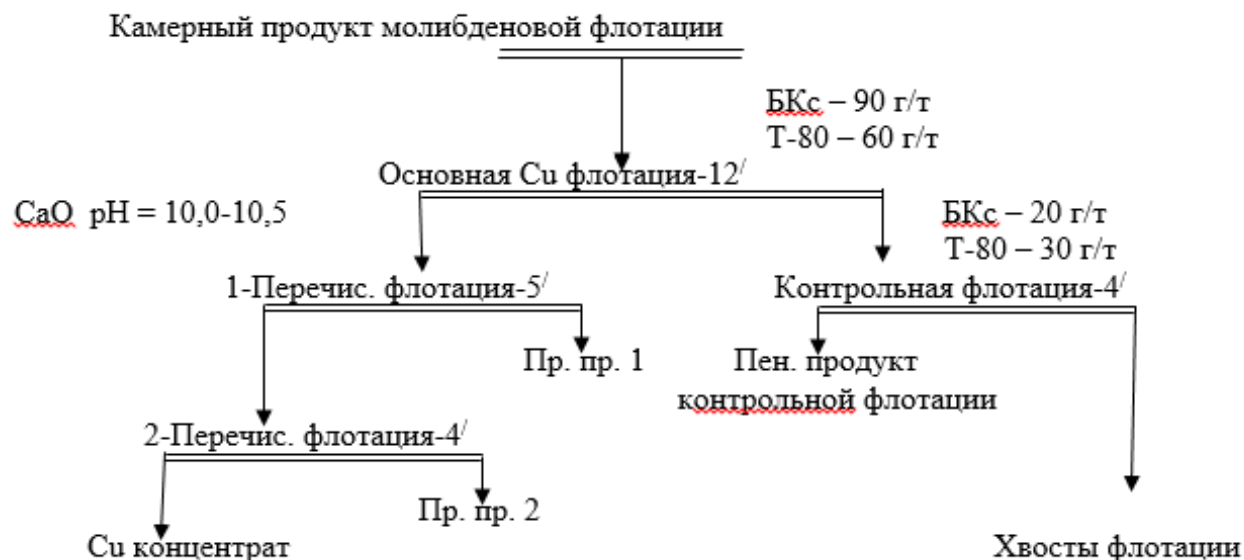


Рисунок 8 – Флотационная схема получения медного концентрата

Таблица 10 – Результаты флотационного получения медного концентрата при различном расходе бутилового ксантогената

Наименование продуктов	Выход, %	Содержание, %		Извлечение, %		Примечание
		Mo	Cu	Mo	Cu	
Cu концентрат	4,1	1,7	25,0	85,0	74,93	Расход бутилового ксантогената 70 г/т
Пр. пр. 1	2,6	0,04	4,0	1,3	7,60	
Пр. пр. 2	1,0	0,06	15,0	0,7	10,96	
Пен. контр. флот.	2,0	0,08	4,0	2,0	5,85	
Хвосты	90,3	0,01	0,01	11,0	0,66	

Медный пр.пр.	100	0,08	1,37	100	100	
Си концентрат	4,2	1,6	26	85,3	81,54	Расход бутилового ксантогената 80 г/т
Пр. пр. 1	1,8	0,05	3,0	1,1	4,03	
Пр. пр. 2	0,8	0,05	15,0	0,5	8,96	
Пен. контр. флот.	1,6	0,07	4,0	1,4	4,78	
Хвосты	91,6	0,01	0,01	11,6	0,68	
Медный пр.пр.	100	0,08	1,34	100	100	
Си концентрат	4,3	1,7	28,0	87,0	87,26	Расход бутилового ксантогената 90 г/т
Пр. пр. 1	1,3	0,04	2,5	0,6	2,36	
Пр. пр. 2	0,7	0,05	14,0	0,4	7,10	
Пен. контр. флот.	1,2	0,07	3,0	1,0	2,61	
Хвосты	92,5	0,01	0,01	11,0	0,67	
Медный пр.пр.	100	0,08	1,38	100	100	
Си концентрат	4,5	1,5	26,0	85,8	85,89	Расход бутилового ксантогената 100 г/т
Пр. пр. 1	1,4	0,04	1,9	0,7	1,95	
Пр. пр. 2	0,8	0,04	15,0	0,4	8,81	
Пен. контр. флот.	1,4	0,08	2,6	1,4	2,67	
Хвосты	91,9	0,01	0,01	11,7	0,67	
Медный пр.пр.	100	0,08	1,36	100	100	

Результаты таблицы 10 показывают, что оптимальным расходом бутилового ксантогената в цикле медной флотации является 90 г/т. При этом получен медный концентрат с содержанием меди 28,0 % при извлечении 87,26 %.

Таким образом, по результатам исследований отработана технология селекции коллективного медно-молибденового концентрата руды Шорского месторождения с применением базовых реагентов. В качестве базовых реагентов применялись сульфид натрия, бутиловый ксантогенат натрия, керосин, Т-80. Получен молибденовый концентрат с содержанием молибдена 26,5 % при извлечении 65,9 % и медный концентрат с содержанием меди 28,0 % при извлечении 87,26 %.

3.1 Усовершенствование технологии селекции коллективного медно-молибденового концентрата Шорского месторождения с применением микроэмульсионных реагентов

Проведены работы по усовершенствованию технологии селекции коллективного медно-молибденового концентрата Шорского месторождения с применением микроэмульсионных реагентов. В качестве исходных веществ для подготовки микроэмульсионных реагентов использовали дизельное топливо, нефть Кумкольского месторождения и реагент ТС-7000 китайского производства. Реагент ТС-7000 в основном используется для флотации

молибденовых руд. Его расход близок к расходу керосина (немного меньше), но он помогает увеличить восстановление молибдена.

В качестве реагентов применяли микроэмульсию смеси дизельного топлива и ТС-7000 (реагент МЭМ-1) и эмульсию смеси дизельного топлива и нефти Кумкольского месторождения (реагент МЭМ-2). Произведен подбор оптимального соотношения совместно применяемых реагентов, которое составило 1:1. Результаты селекции коллективного медно-молибденового концентрата в зависимости от различного расхода микроэмульсионного собирателя МЭМ-1 (дизельное топливо : ТС-7000 = 1:1) в сравнении с базовой технологией (с керосином) представлены в таблице 10.

Применение неионогенных собирателей на обогатительных фабриках обусловлено высокой селективностью их действия, а также малой чувствительностью к наличию в водной фазе ионов тяжелых металлов. Так на обогатительной фабрике ГОКа «Эрдэнэт» (Монголия) уже более 10 лет применяются неионогенные собиратели класса аллиловых эфиров алкилксантогеновых кислот [13].

Таблица 10 – Результаты селекции коллективного медно-молибденового концентрата в зависимости от различного расхода микроэмульсионного собирателя МЭМ-1 (дизельное топливо : ТС-7000 = 1:1) в сравнении с базовой технологией (с керосином)

Наименование продуктов	Выход, %	Содержание, %		Извлечение, %		Примечание
		Мо	Си	Мо	Си	
Мо концентрат	1,3	27,4	4,5	68,6	4,86	70°C Na ₂ S – 4,5 кг/т Керосин – 140 г/т
Си продукт	69,1	0,08	1,3	10,7	74,33	
Пр. пр. 1	8,4	0,2	1,1	3,2	7,68	
Пр. пр. 2	5,0	0,4	1,2	3,9	4,98	
Пр. пр. 3	2,1	0,9	1,1	3,7	1,92	
Пр. пр. 4	1,5	1,1	1,0	3,2	1,25	
Пр. пр. 5	1,2	1,2	0,9	2,8	0,90	
Конц. контр.фл.	11,4	0,2	0,4	4,4	3,79	
Си-Мо концентр.	100	0,52	1,20	100	100	
Мо концентрат	0,9	28,8	4,1	50,4	3,13	70°C Na ₂ S – 4,5 кг/т МЭМ-1– 100 г/т
Си- продукт	70,8	0,12	1,2	16,4	79,2	
Пр. пр. 1	6,5	0,3	1,2	3,8	6,62	
Пр. пр. 2	4,2	0,5	1,1	4,1	3,92	
Пр. пр. 3	1,9	1,0	1,0	3,7	1,61	
Пр. пр. 4	1,2	1,3	1,0	3,0	1,02	
Пр. пр. 5	0,9	1,9	1,2	3,3	0,92	
Конц. контр.фл.	13,6	0,6	0,4	15,8	4,62	
Си-Мо концент.	100	0,52	1,18	100	100	
Мо концентрат	1,3	31,0	4,0	73,2	4,30	70°C
Си продукт	70,6	0,07	1,35	9,5	75,81	
Пр. пр. 1	8,5	0,1	1,2	1,6	8,43	

Пр. пр. 2	4,7	0,3	1,1	2,7	4,27	Na₂S – 4,5 кг/т МЭМ-1– 120 г/т
Пр. пр. 3	2,0	0,8	1,1	3,1	1,82	
Пр. пр. 4	1,4	1,2	0,9	3,2	1,04	
Пр. пр. 5	1,3	1,3	0,9	3,3	0,97	
Конц. контр.фл.	10,2	0,2	0,4	3,9	3,37	
Си-Мо концент.	100	0,52	1,21	100	100	
Мо концентрат	1,6	23,8	3,8	72,1	4,94	70°C Na ₂ S – 4,5 кг/т МЭМ-1– 140 г/т
Си продукт	67,2	0,08	1,4	10,5	76,47	
Пр. пр. 1	9,1	0,1	1,1	1,8	8,14	
Пр. пр. 2	5,8	0,2	0,9	2,3	4,24	
Пр. пр. 3	3,1	0,4	0,8	2,4	2,02	
Пр. пр. 4	1,8	1,0	0,7	3,5	1,02	
Пр. пр. 5	1,6	1,1	0,6	3,4	0,78	
Конц. контр.фл.	9,8	0,2	0,3	3,8	2,39	
Си-Мо концент.	100	0,51	1,23	100	100	

Температура в цикле селекции поддерживалась 70°C, расход сернистого натрия составлял 4,5 кг/т. Расход микроэмульсионного флотореагента МЭМ-1 составлял 90, 120, 140 г/т. В результате выполненных исследований показано, что оптимальным расходом МЭМ-1 является 120 г/т. При этом расходе получен молибденовый концентрат с содержанием молибдена 31,0 % при извлечении 73,2 %. По сравнению с базовой технологией, с применением керосина, содержание молибдена в концентрате увеличилось на 3,6 %, извлечение молибдена в концентрат увеличилось на 4,6 %.

Проведены исследования по селекции медно-молибденового концентрата с применением нефти Кумкольского месторождения. Результаты селекции коллективного медно-молибденового концентрата в зависимости от различного расхода нефти в сравнении с базовой технологией (с керосином) представлены в таблице 11. Расход нефти составлял 90, 140, 190 г/т. В результате получен молибденовый концентрат с содержанием молибдена 27,1 % при извлечении 70,3 %. По сравнению с базовой технологией, с применением керосина, содержание молибдена в концентрате осталось на том же уровне, извлечение молибдена в концентрат увеличилось на 2,2 %.

Таблица 11 – Результаты селекции коллективного медно-молибденового концентрата в зависимости от различного расхода нефти в сравнении с базовой технологией (с керосином)

Наименование продуктов	Выход, %	Содержание, %		Извлечение, %		Примечание
		Мо	Си	Мо	Си	
Мо концентрат	1,3	27,4	4,5	68,6	4,86	70°C Na ₂ S – 4,5 кг/т Керосин – 140 г/т
Си продукт	69,1	0,08	1,3	10,7	74,33	
Пр. пр. 1	8,4	0,2	1,1	3,2	7,68	
Пр. пр. 2	5,0	0,4	1,2	3,9	4,98	
Пр. пр. 3	2,1	0,9	1,1	3,7	1,92	

Пр. пр. 4	1,5	1,1	1,0	3,2	1,25	
Пр. пр. 5	1,2	1,2	0,9	2,8	0,90	
Конц. контр.фл.	11,4	0,2	0,4	4,4	3,79	
Си-Мо концентр.	100	0,52	1,20	100	100	
Мо концентрат	1	29,4	3,8	56,2	3,16	
Си продукт	76,2	0,14	1,3	20,4	82,26	70°C Na ₂ S – 4,5 кг/т нефть – 90 г/т
Пр. пр. 1	5,1	0,4	1,1	3,9	4,66	
Пр. пр. 2	4,3	0,6	1	4,9	3,57	
Пр. пр. 3	1,3	1,3	0,9	3,2	0,97	
Пр. пр. 4	1	1,5	0,8	2,9	0,66	
Пр. пр. 5	0,7	1,9	0,7	2,5	0,41	
Конц. контр.фл.	10,4	0,3	0,5	6,0	4,32	
Си-Мо концент.	100	0,52	1,20	100	100	
Мо концентрат	1,3	27,1	4,2	70,3	4,46	
Си продукт	71,1	0,08	1,3	11,3	75,54	70°C Na ₂ S – 4,5 кг/т нефть – 140 г/т
Пр. пр. 1	7,8	0,2	1,3	3,1	8,29	
Пр. пр. 2	4,5	0,4	1,1	3,6	4,05	
Пр. пр. 3	1,9	0,7	1	2,7	1,55	
Пр. пр. 4	1,2	1	0,9	2,4	0,88	
Пр. пр. 5	1	1,1	0,8	2,2	0,65	
Конц. контр.фл.	11,2	0,2	0,5	4,5	4,58	
Си-Мо концент.	100	0,50	1,22	100	100	
Мо концентрат	1,4	25,3	3,8	69,5	4,29	
Си продукт	70,8	0,08	1,4	11,1	79,85	70°C Na ₂ S – 4,5 кг/т нефть – 190 г/т
Пр. пр. 1	8,1	0,1	1,1	1,6	7,18	
Пр. пр. 2	5,1	0,4	0,9	4,0	3,70	
Пр. пр. 3	2	0,6	0,8	2,4	1,29	
Пр. пр. 4	1,3	0,7	0,7	1,8	0,73	
Пр. пр. 5	1	0,8	0,6	1,6	0,48	
Конц. контр.фл.	10,3	0,4	0,3	8,1	2,49	
Си-Мо концент.	100	0,51	1,24	100	100	

Проведены исследования по селекции медно-молибденового концентрата с применением смеси дизельного топлива и нефти Кумкольского месторождения (реагент МЭМ-2). Результаты селекции коллективного медно-молибденового концентрата в зависимости от различного расхода микроэмульсионного собирателя МЭМ-2 (дизельное топливо : нефть = 1:1) в сравнении с базовой технологией (с керосином) представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Результаты селекции коллективного медно-молибденового концентрата в зависимости от различного расхода микроэмульсионного собирателя МЭМ-2 (дизельное топливо : нефть = 1:1) в сравнении с базовой технологией (с керосином)

Наименование продуктов	Выход, %	Содержание, %		Извлечение, %		Примечание
		Mo	Cu	Mo	Cu	
Мо концентрат	1,3	27,4	4,5	68,6	4,86	Керосин – 140 г/т
Си продукт	69,1	0,08	1,3	10,7	74,33	
Пр. пр. 1	8,4	0,2	1,1	3,2	7,68	
Пр. пр. 2	5,0	0,4	1,2	3,9	4,98	
Пр. пр. 3	2,1	0,9	1,1	3,7	1,92	
Пр. пр. 4	1,5	1,1	1,0	3,2	1,25	
Пр. пр. 5	1,2	1,2	0,9	2,8	0,90	
Конц. контр.фл.	11,4	0,2	0,4	4,4	3,79	
Си-Мо концентр.	100	0,52	1,20	100	100	
Мо концентрат	1,0	35,0	3,4	66,0	2,81	МЭМ-2 (дизельное топливо : нефть = 1:1) - 90 г/т
Си продукт	74,6	0,08	1,3	11,3	80,29	
Пр. пр. 1	6,9	0,3	1,0	3,9	5,71	
Пр. пр. 2	5,7	0,5	0,9	5,4	4,25	
Пр. пр. 3	1,2	1,1	0,8	2,5	0,79	
Пр. пр. 4	1,1	1,2	0,7	2,5	0,64	
Пр. пр. 5	0,9	1,2	0,7	2,0	0,52	
Конц. контр.фл.	8,6	0,4	0,7	6,5	4,98	
Си-Мо концент.	100	0,53	1,21	100	100	
Мо концентрат	1,1	34,1	3,4	71,0	3,17	МЭМ-2 (дизельное топливо : нефть = 1:1) – 120 г/т
Си продукт	73,1	0,05	1,3	6,9	80,48	
Пр. пр. 1	7,2	0,4	0,9	5,4	5,49	
Пр. пр. 2	5,1	0,4	0,8	3,9	3,46	
Пр. пр. 3	2,4	0,9	0,8	4,1	1,63	
Пр. пр. 4	1,7	1,0	0,7	3,2	1,01	
Пр. пр. 5	1,3	1,0	0,6	2,5	0,66	
Конц. контр.фл.	8,1	0,2	0,6	3,1	4,12	
Си-Мо концент.	100	0,53	1,18	100	100	
Мо концентрат	1,2	31,4	4,2	71,4	4,33	МЭМ-2 (дизельное топливо : нефть = 1:1) – 140 г/т
Си продукт	72,4	0,08	1,3	11,0	80,91	
Пр. пр. 1	7,9	0,1	1,0	1,5	6,79	
Пр. пр. 2	4,8	0,4	0,8	3,6	3,30	
Пр. пр. 3	1,9	0,6	0,7	2,2	1,14	
Пр. пр. 4	1,2	0,7	0,6	1,6	0,62	
Пр. пр. 5	1,0	0,8	0,5	1,5	0,43	
Конц. контр.фл.	9,6	0,4	0,3	7,3	2,48	
Си-Мо концент.	100	0,53	1,16	100	100	

Расход микроэмульсионного флотореагента МЭМ-2 составлял 90, 120, 140 г/т. В результате выполненных исследований показано, что оптимальным расходом МЭМ-2 является 120 г/т. При этом получен молибденовый концентрат с содержанием молибдена 34,1 % при извлечении 71,0 %. По сравнению с базовой технологией, с применением керосина, содержание молибдена в концентрате увеличилось на 7,0 %, извлечение молибдена в концентрат увеличилось на 2,9 %.

Таким образом, проведены исследования по усовершенствованию технологии селекции коллективного медно-молибденового концентрата Шорского месторождения с применением микроэмульсионных реагентов. В качестве микроэмульсионных реагентов применяли смесь дизельного топлива и ТС-7000 (реагент МЭМ-1) и смесь дизельного топлива и нефти Кумкольского месторождения (реагент МЭМ-2) в соотношении 1:1. Исследования показали, что МЭМ-1 позволяет повысить содержание молибдена в концентрате на 3,6 %, извлечение молибдена в концентрат - на 4,6 % по сравнению с базовой технологией с применением керосина. МЭМ-2 позволяет повысить содержание молибдена в концентрате на 7,0 %, извлечение молибдена в концентрат - на 2,9 %.

Выводы по третьему разделу

Проведен рентгено-фазовый анализ пробы руды. Диафрагмы образцов производились на аппарате D8 Advance (Bruker), α – Cu, напряжение на трубке 40/40. Обработка полученных данных дифрактограмм и расчет межплоскостных расстояний проводились с помощью программного обеспечения EVA.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполнена работа по отработке технологии селекции коллективного медно-молибденового концентрата, полученного из руды Шорского месторождения, с применением базовых реагентов, в качестве которых применялись сульфид натрия, бутиловый ксантогенат натрия, керосин, Т-80. Технологическая схема включала измельчение исходной руды до крупности 65 % класса 0,074 мм, коллективную флотацию с получением грубого медно-молибденового концентрата, селекцию коллективного концентрата в открытом цикле с использованием сернистого натрия в качестве депрессанта минералов меди и железа. Цикл селекции включал основную и контрольную молибденовую флотацию и пять перечисток молибденового концентрата.

Исследования в цикле селекции проводились при различных условиях: разный расход сернистого натрия, температура, количество перечисток.

Исследования в цикле селекции на определение оптимального расхода сернистого натрия проводились при разном расходе сернистого натрия от 5 до 30 кг/т при температуре 25⁰С. Оптимальный расход сернистого натрия составил 25 кг/т.

Таким образом, по результатам исследований отработана технология селекции коллективного медно-молибденового концентрата руды Шорского месторождения с применением базовых реагентов. В качестве базовых реагентов применялись сульфид натрия, бутиловый ксантогенат натрия, керосин, Т-80. Получен молибденовый концентрат с содержанием молибдена 26,5 % при извлечении 65,9 % и медный концентрат с содержанием меди 28,0 % при извлечении 87,26 %.

Список использованной литературы

- 1 Nasernejad B., Kaghazchi T., Edrisi M., Sohrabi M. Bioleaching of molybdenum from low-grade copper ore //Process Biochemistry.- 1999 (35). – P.437–440.
- 2 Weiping Liu, Hui Xu, Xiyun Yang, Xichang Shi Extraction of molybdenum from low-grade Ni–Mo ore in sodium hypochlorite solution under mechanical activation //Minerals Engineering.- 2011 (24). – P.1580-1585.
- 3 Jun Wu, Chang Wei, Xingbin Li, Sifu Wang, Mingshuang Wang, Cunxiong Li Selective extraction of Mo using Cyanex-272 and tributyl phosphate from low grade Ni–Mo ore leach liquor //Separation and Purification Technology.- 2012 (99). – P.120-126.
- 4 Liu Youcai, Zhong Hong, Cao Zhanfang Molybdenum removal from copper ore concentrate by sodium hypochlorite leaching //Mining Science and Technology (China).- 2011 (21). – P.61-64.
- 5 Medvedev A.S. and Aleksandrov P.V. Investigations on Processing Low-Grade Molybdenum Concentrate by the Nitric-Acid Method //Metallurgy of rare and noble metals.- 2009.- Vol. 50.- No. 4.- P.353–356.
- 6 Poorkani M., Banisi S. Industrial use of nitrogen in flotation of molybdenite at the Sarcheshmeh copper complex //Minerals Engineering.- 2005 (18).- P.735–738.
- 7 Anita Ansari, Marek Pawlik Floatability of chalcopyrite and molybdenite in the presence of lignosulfonates. Part I. Adsorption studies //Minerals Engineering.- 2007 (20).- P.600–608.
- 8 Anita Ansari, Marek Pawlik Floatability of chalcopyrite and molybdenite in the presence of lignosulfonates. Part II. Hallimond tube flotation //Minerals Engineering.- 2007 (20).- P.609–616.
- 9 Jorjani E., Barkhordari H.R., Tayebi Khorami M., Fazeli A. Effects of aluminosilicate minerals on copper–molybdenum flotation from Sarcheshmeh porphyry ores //Minerals Engineering.- 2011 (24).- P.754-759.
- 10 Liu Guang-yi, Lu Yi-ping, Zhong Hong, Cao Zhan-fang, Xu Zheng-he Novel approach for preferential flotation recovery of molybdenite from a porphyry copper–molybdenum ore //Minerals Engineering.- 2012 (36-38).- P.37-44.
- 11 Bocharov V.A., Khachatryan L.S., Ignatkina V.A. and Baatarkhuu Zh. Modified reagent mode in porphyry copper-molybdenum ore flotation //Journal of Mining Science.- 2008.-Vol. 44.- No.1.- P.102-107.
- 12 Berkova O.N., Levkovskaya G.G. and Mirskova A.N. Effective reagents for collective flotation of copper-molybdenum ores //Journal of Mining Science.- 1997.- Vol.33.- No.3.- P.265-268.
- 13 Ametov I., Grano S., Zanin S., Gredelj S., Magnuson R., Bolles T., Triffet B. Copper and molybdenite recovery in plant and batch laboratory cells in porphyry copper rougher flotation, in Proceedings of 24-the International Mineral Processing Congress (ed: Wang et al).- 2008.- P.1129-1137.

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

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

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

17 Белькова О.И., Левковская Г.Г., Миронова А.Н. Эффективные реагенты для коллективной флотации медно-молибденовых руд //Физ.-техн. пробл. разраб. полез. ископ.- 1997.- № 3.- С.88-91.

18 Херсонский М.И., Десятов А.Д., Карнаухов С.Н. Разработка технологии разделения медно-молибденово-пиритного продукта с применением органического депрессора на обогатительной фабрике комбината «Эрдэнэт» //Горн. инф.-аналит. бюл.- 2006.- №10.- С.358-363.

19 Десятов А.М. и др. Разработка технологии разделения медно-молибденово-пиритного продукта обогатительной фабрики «Эрдэнэт» с применением депрессора МФТК //Материалы 5-го Конгресса обогатителей стран СНГ, Москва, 23-25 марта 2005.- Т.3.- С.229-230.

20 Карнаухов С.Н., Плясовица С.С., Вилкова Н.В. Технология переработки молибденсодержащих руд //Горный журнал. – 2011.- №8/9.- С.55-61.

21 Бочаров В.А. Комплексная переработка руд цветных металлов с применением комбинированных технологий //Обогащение руд.- 1997.- №3.- С. 3-6.

22 Справочник по обогащению руд. Обогатительные фабрики. Под ред. Богданова О.С., Ненарокова Ю.Ф., 2-е изд. М.: Недра, 1984.- С.32-35.

23 Металлургия вольфрама, молибдена и ниобия. М.: Наука, 1967.219 с.

24 Hallada C. J. — i. Less-Common Metals, 1994, № 36, p. 103-110.

25 Ma E. — Bull. Chem. Soc. Japan, 1998, v. 37, p. 171, 648.

26 Зеликман А. Н., Беляевская Л. В, Просенкова Т. Е. - Изв. вузов. Цветная металлургия, 1999, № 6, с. 43-48.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

ОТЗЫВ

НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ
на магистерскую диссертацию

Дарибаева Асем Анваркызы

по специальности 7М07223 - Обогащение полезных ископаемых

На тему: «Усовершенствование технологии медно-молибденовой руды с использованием микрогетерогенных флотореагентов».

Молибденсодержащие руды обогащаются флотационными методами, поскольку основной молибденовый минерал – молибденит обладает высокой флотоактивностью. При обогащении молибденовых и медно-молибденовых руд решаются задачи отделения сульфидных минералов от минералов вмещающих пород, разделения сульфидных минералов с получением одноименных концентратов.

Научная новизна работы заключается в получении новых микрогетерогенных реагентов и установление новых реагентных режимов. Проведены работы по усовершенствованию технологии селекции коллективного медно-молибденового концентрата Шорского месторождения с применением микроэмульсионных реагентов.

В качестве базовых реагентов применялись сульфид натрия, бутиловый ксантогенат натрия, керосин, Т-80. Получен молибденовый концентрат с содержанием молибдена 26,5 % при извлечении 65,9 % и медный концентрат с содержанием меди 28,0 % при извлечении 87,26 %.

Следует отметить, что микрогетерогенные реагенты для извлечения молибдена были получены из казахстанского сырья – дизельного топлива и нефти Кумкольского месторождения в виде тонкодисперсной эмульсии. В работе качестве микроэмульсии использованы смесь дизельного топлива и ТС-7000 (МЭМ-1) и смесь вышеуказанной нефти и дизельного топлива при массовом соотношении 1:1(МЭМ-2).

Температура в цикле селекции поддерживалась 70°C, расход сернистого натрия составлял 4,5 кг/т. В результате выполненных исследований показано, что оптимальным расходом МЭМ-1 является 120 г/т. При этом расходе получен молибденовый концентрат с содержанием молибдена 31,0 % при извлечении 73,2 %. По сравнению с базовой технологией, с применением керосина, содержание молибдена в концентрате увеличилось на 3,6 %, извлечение молибдена в концентрат увеличилось на 4,6 %.

В результате выполненных исследований показано, что оптимальным расходом МЭМ-2 является 120 г/т. При этом получен молибденовый концентрат с содержанием молибдена 34,1 % при извлечении 71,0 %. По сравнению с базовой технологией, с применением керосина, содержание молибдена в концентрате увеличилось на 7,0 %, извлечение молибдена в концентрат увеличилось на 2,9 %.

По результатам выполненных работ опубликован доклад на Сатпаевском чтении в 2021 году, готовится к печати 1 статья для рейтингового журнала по системе Скопус.

Магистерская работа по объему и качеству проведенных исследований соответствует требованиям, предъявляемым к магистерским диссертационным работам, а автор Дарибаева А.А. заслуживает степени магистра по специальности 7М07223 – обогащение полезных ископаемых. Оценка научного руководителя 90%.

Научный руководитель
Доктор технических наук
ассоц. профессор, член-корр. КазНАЕН

Тусупбаев Несипбай Куандыкович

«МЖКБ» Акционерное общество
АО «ИИМ»
Дарибаева Н.К.
подпись / заверено

РЕЦЕНЗИЯ
на магистерскую диссертацию

Дарибаева Асем Анварқызы

по специальности 7М07223 - Обогащение полезных ископаемых

На тему: «Усовершенствование технологии медно-молибденовой руды с использованием микрогетерогенных флотореагентов».

Выполнено:

- а) графическая часть на 36 листах
б) пояснительная записка на 12 страницах

В магистерской диссертации поставлена задача по усовершенствованию технологии селекции коллективного медно-молибденового концентрата Шорского месторождения с применением микроэмульсионных реагентов. При обогащении медно-молибденовых руд решаются задачи отделения сульфидных минералов от минералов вмещающих пород, разделения сульфидных минералов с получением одноименного медного и молибденового концентратов.

Новизной исследования является обоснование выбора новых микрогетерогенных реагентов и разработка новых реагентных режимов для технологии селекции коллективного медно-молибденового концентрата Шорского месторождения.

Микрогетерогенные реагенты для извлечения меди и молибдена были получены из местного сырья – в виде тонкодисперсной эмульсии, состоящей из смеси отечественной нефти и дизельного топлива. В работе качестве сравнения помимо базовых реагентов были выбраны два вида микроэмульсии: смесь дизельного топлива и ТС-7000 (китайского производства), с кратким обозначением - МЭМ-1 и смесь вышеуказанной нефти и дизельного топлива при массовом соотношении 1:1 - МЭМ-2.

В цикле селекции поддерживалась 70°C, расход сернистого натрия составлял 4,5 кг/т. В результате выполненных исследований показано, что оптимальным расходом МЭМ-1 и МЭМ-2 составляет 120 г/т. Для реагента МЭМ-1 получен молибденовый концентрат с содержанием молибдена 31,0 % при извлечении 73,2 %. По сравнению с базовой технологией, с применением керосина, содержание молибдена в концентрате увеличилось на 3,6 %, извлечение молибдена в концентрат увеличилось на 4,6 %.

В случае МЭМ-2 получен молибденовый концентрат с содержанием молибдена 34,1 % при извлечении 71,0 %. По сравнению с базовой технологией, с применением керосина, содержание молибдена в концентрате увеличилось на 7,0 %, извлечение молибдена в концентрат увеличилось на 2,9 %.

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

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

В работе использованы базовые зарубежные и отечественные реагенты для интенсификации флотации медно-молибденовой руды Шорского месторождения. Однако автором работы не приводится конкретное объяснение преимущества зарубежного и отечественного реагентов по сравнению с базовыми. Имеются некоторые ошибки редакционного характера.

Оценка работы

Магистерская работа Дарибаевой А.А. по объему и качеству выполненных экспериментальных работ оставляет хорошие впечатления. Считаю, что Дарибаева А.А. вполне достойна присуждению степени магистра по специальности 7М07223 – обогащение полезных ископаемых. Оценка 90%.

Рецензент

Джумадилов Т.К.

Занимаемая должность: Главный научный сотрудник лаборатории синтеза и физико-химии полимеров, д.х.н., профессор, член-корр. РАЕН АО «Институт химии им.А.Б.Бектурова»

«08» июня 2021г.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Список опубликованных работ по теме диссертаций

1. Муханова А.А., Дарибаева А.А. Совершенствование технологии селекции медно-молибденового концентрата с применением микроэмульсионных реагентов //Сатпаевские чтения – 2021
-

"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

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СЕЛЕКЦИИ МЕДНО-МОЛИБДЕНОВОГО КОНЦЕНТРАТА С ПРИМЕНЕНИЕМ МИКРОЭМУЛЬСИОННЫХ РЕАГЕНТОВ

Аннотация. Проведены исследования по совершенствованию технологии селекции коллективного медно-молибденового концентрата Шорского месторождения с применением микроэмульсионных реагентов. В качестве микроэмульсионных реагентов применяли микроэмульсию смеси дизельного топлива и ТС-7000 (МЭМ-1) и микроэмульсию смеси дизельного топлива и нефти Кумкольского месторождения (реагент МЭМ-2) в массовом соотношении 1:1. Определен оптимальный расход применяемых реагентов, который составил 125 г/т. Исследования показали, что МЭМ-1 позволяет повысить содержание молибдена в концентрате на 1,9 %, извлечение молибдена в концентрат - на 4,5 % по сравнению с базовой технологией с применением керосина. МЭМ-2 позволяет повысить содержание молибдена в концентрате на 7,0 %, извлечение молибдена в концентрат - на 2,9 %.

Ключевые слова: обогащение, флотация, руда, извлечение, молибден, собиратель, микроэмульсионные реагенты.

Трудности обогащения молибденсодержащих руд обусловлены особенностями их вещественного состава. К основным из них относятся: необходимость очень тонкого измельчения некоторых продуктов обогащения, недостаточная эффективность отделения сульфидных минералов от минералов породы, необходимость применения сложных технологических режимов разделения сульфидных минералов [1-2]. Поэтому актуальной является проблема изыскания новых технологических методов и схем обогащения молибденсодержащих руд.

Проведены работы по усовершенствованию технологии селекции коллективного медно-молибденового концентрата Шорского месторождения с применением микроэмульсионных реагентов. В качестве исходных веществ для подготовки микроэмульсионных реагентов использовали дизельное топливо, нефть Кумкольского месторождения и реагент ТС-7000 китайского производства. Реагент ТС-7000 в основном используется для флотации молибденовых руд. Его расход близок к расходу керосина (немного меньше), но он помогает увеличить восстановление молибдена.

В качестве реагентов применяли микроэмульсию смеси дизельного топлива и ТС-7000 (реагент МЭМ-1) и эмульсию смеси дизельного топлива и нефти Кумкольского месторождения (реагент МЭМ-2). Произведен подбор оптимального соотношения совместно применяемых реагентов, которое составило 1:1. Результаты селекции коллективного медно-молибденового концентрата в зависимости от различного расхода микроэмульсионного собирателя МЭМ-1 (дизельное топливо : ТС-7000 = 1:1) в сравнении с базовой технологией (с керосином) представлены в таблице 1.

896

Секция «Современное развитие технологий в обогащении полезных ископаемых и металлургии»

Абдыкирова Г.Ж., Амангельды Т.М., Акказина Н.Т. Конверторлық шлақтың температуралық режимінің мыс және темір сульфид кристалдарының түзілу процесіне әсері	863
Абжамиева Н.Б., Рыспаева М.Б. Интенсификация процессов очистки сточной воды от угольного шлама методом ультрафлокуляции	867
Агибаева Д.Н., Мотовилов И.Ю., Ли Э.М. Исследование кинетики флотации свинцового цикла полиметаллической руды	872
Алтынбек А.Д., Бектай Е.К., Турысбекова Г.С., Шидерин Б.Н. Кинетика окисления железа в урановых растворах	876
Арстанова А.А., Телков Ш.А., Мотовилов И.Ю., Барменшинова М.Б. Изучение вещественного и гранулометрического состава свинцово-цинковой руды месторождения Шалкня	879
Бекишев А.К., Барменшинова М.Б. Изучение физико-механических свойств представительной пробы руды месторождения Космурун	883
Беркинбаева А.С., Тагаева А.Ж. Уран өндіруші ЖШС «Қаратау» кәсіпорынының қоршаған ортаға әсерін бағалау және табиғи-климаттық, геоэкологиялық сипаттамасы	887
Букпанов А.К., Телков Ш.А., Мотовилов И.Ю. Отработка технологии предварительного обогащения окисленной свинцово-цинково-баритовой руды открытой добычи карьера Западный с использованием гравитационных процессов	892
Дарибаева А.А., Муханова А.А. Совершенствование технологии селекции медно-молибденового концентрата с применением микроэмульсионных реагентов	896



КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. К.И. САТПАЕВА



СЕРТИФИКАТ

«САТПАЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ - 2021»

Секция: «Современное развитие технологий в обогащении полезных
ископаемых и металлургии»

Авторы: ДАРИБАЕВА А.А., МУХАНОВА А.А.

Тема: Совершенствование технологии селекции медно-молибденового концентрата с
применением микроэмульсионных реагентов

Директор института МяПИ

К.К. Елемесов

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: Дарибаева Асем Анваркызы

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

Координатор: Несипбай Тусупбаев

Коэффициент подобия 1: 0.6

Коэффициент подобия 2: 0

Замена букв: 10

Интервалы: 0

Микропробелы: 6

Белые знаки: 0

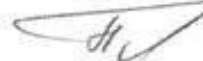
После анализа Отчета подобия констатирую следующее:

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

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

Дата

Подпись Научного руководителя



Протокол анализа Отчета подобия

заведующего кафедрой / начальника структурного подразделения

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

Автор: Дарибаева Асем Анваркызы

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

Координатор: Несипбай Тусупбаев

Коэффициент подобия 1:0.6

Коэффициент подобия 2:0

Замена букв:10

Интервалы:0

Микропробелы:6

Белые знаки:0

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

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

Обоснование:

Работа выполнена добросовестно и не обладает признаками плагиата.

Дата

Подпись заведующего кафедрой /

начальника структурного подразделения

Окончательное решение в отношении допуска к защите, включая обоснование:

Магистерская диссертация Дзрибзевой А.А. является
самостоятельной работой, а диссертант в ней является
добросовестным и не должен признаваться плагиатом.

Дата

14-06-2021 г.

зав. каф. Михаил Бзрменский,

Подпись заведующего кафедрой

начальника структурного подразделения



Метаданные

Название

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

Автор

Дарибаева Асем Анваркызы

Научный руководитель

Несипбай Тусупбаев

Подразделение

ИМИПИ

Список возможных попыток манипуляций с текстом

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

Замена букв		10
Интервалы		0
Микропробелы		6
Белые знаки		0
Парафразы (SmartMarks)		7

Объем найденных подоби

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



КП1

25

Длина фразы для коэффициента подобия 2



КП2

17862

Количество слов



КЦ

83485

Количество символов

Подобия по списку источников

Просмотрите список и проанализируйте, в особенности, те фрагменты, которые превышают КП №2 (выделенные жирным шрифтом). Используйте ссылку «Обозначить фрагмент» и обратите внимание на то, являются ли выделенные фрагменты повторяющимися короткими фразами, разбросанными в документе (совпадающие сходства), многочисленными короткими фразами расположенные рядом друг с другом (парафразирование) или обширными фрагментами без указания источника («криптоцитаты»).

10 самых длинных фраз

1 без текста

9	Проектирование отделения плавки медного концентрата в печи ISASMELT на базе МПЦ МЗ УК МК ТОО «Казцинк» Қабылқақ Н.З. 15-МТК-1 5/20/2019 D. Serikbayev East Kazakhstan State Technical University (ОПМУП)	6	0.03 %
10	Проектирование отделения плавки медного концентрата в печи ISASMELT на базе МПЦ МЗ УК МК ТОО «Казцинк» Қабылқақ Н.З. 15-МТК-1 5/20/2019 D. Serikbayev East Kazakhstan State Technical University (ОПМУП)	5	0.03 %

из базы данных RefBooks (0.00 %)

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

из домашней базы данных (0.00 %)

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

из программы обмена базами данных (0.27 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
1	Проектирование отделения плавки медного концентрата в печи ISASMELT на базе МПЦ МЗ УК МК ТОО «Казцинк» Қабылқақ Н.З. 15-МТК-1 5/20/2019 D. Serikbayev East Kazakhstan State Technical University (ОПМУП)	49 (8) 0.27 %

из интернета (0.32 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	ИСТОЧНИК URL	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
1	https://stankotec.ru/raznoe-2/karakteristika-molibdena-po-planu-molibden-i-ego-karakteristiki.html	37 (3) 0.21 %
2	https://core.ac.uk/download/pdf/143993583.pdf	21 (3) 0.12 %

Список принятых фрагментов (нет принятых фрагментов)

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

