

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Сибирский федеральный университет»

660041, Красноярский край,
г. Красноярск, проспект Свободный, д. 79
телефон: (391) 244-82-13, тел./факс: (391) 244-86-25
<http://www.sfu-kras.ru>, e-mail: office@sfu-kras.ru

ОКПО 02067876; ОГРН 1022402137460;
ИНН/КПП 2463011853/246301001

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

ФГАОУ ВО «Сибирский
федеральный университет»

Денис Сергеевич Гуц

«__» _____ 2025 г.

№ _____
на № _____ от _____

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу

Ергешевой Назымарзу Дауренкызы «Повышение контрастности флотации сульфидов сурьмы, железа и мышьяка из труднообогатимых золотосульфидных руд с использованием сочетания сульфгидрильных собирателей в окислительно-восстановительных условиях», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности

2.8.9. – Обогащение полезных ископаемых

Актуальность для науки и практики

В условиях истощения легкообогатимых месторождений золота и усложнения минерального состава руд, переработка **упорных золотосодержащих руд** становится одной из **ключевых проблем**. Традиционные методы, такие как **прямое цианирование**, неэффективны из-за фазового состава закрытых **тонкодисперсных сростков с сульфидами сурьмы, мышьяка и железа**. Диссертация Ергешевой Н.Д. посвящена решению актуальной задачи повышения селективности флотации сульфидов сурьмы, железа и мышьяка из труднообогатимых золотосульфидных руд.

Данная работа направлена на разработку реагентных режимов коллективной флотации сульфидов на основе сочетания ионогенных и неионогенных сульфгидрильных собирателей на флотационные свойства сурьмы, железа и мышьяка. Контрастность флотации золотосодержащих сульфидов и стибнита достигается с применением тиосульфата натрия.

Диссертационная работа Ергешевой Н.Д. выполнена при поддержке Российского научного фонда, проект №22-27-00102 «Изучение механизма взаимодействия сульфгидрильных собирателей разной ионогенности с трудноокисляемыми сульфидами цветных металлов и сопутствующими сульфидами в контролируемых окислительно-восстановительных условиях» и в рамках договора НИР 159/23-615 от 08.08.2023 г.

Структура и основное содержание диссертационной работы. На отзыв представлена работа Ергешевой Н.Д., состоящая из введения, обзора на современное состояние технологии флотации золотосульфидных руд, содержащих сульфиды сурьмы, железа и мышьяка, методов и методики исследований, результатов исследований и их выводов, списка литературы и 1 приложения. Диссертация изложена на 135 страницах, содержит 15 таблиц, 59 рисунков. Список литературы содержит 166 источников.

Во введении диссертации обоснована актуальность исследования, сформулированы цель и задачи работы, научная новизна, практическая значимость результатов исследований, так же представлены методы исследования и положения, выносимые на защиту.

В первой главе диссертации проведен анализ текущего состояния технологии переработки золотосульфидных руд, содержащих сурьму, железо и мышьяк. Рассмотрены теоретические основы взаимодействия сульфидных минералов с сульфгидрильными собирателями, а также влияния окислительно-восстановительных условий на селективность флотации. Определены ключевые проблемы существующих технологий.

Вторая глава состоит из описания исследуемых объектов, методов и методики, которые включают в себя детальное описание проведения таких методов как изомолярные серии Жоба и молярных отношений Йоу и Джонса.

В третьей главе приведены результаты влияния концентрации окислителя и восстановителя, ионогенных и неионогенных сульфгидрильных собирателей, которые влияют в различной степени на флотационные свойства минералов сурьмы, железа и мышьяка, а также краевого угла смачивания. Установлены образования сложных комплексных соединений $[Cu]:[ДТФ]$, где соотношение равно 1:2 и 1,5:1.

Четвертая глава содержит результаты комплексных исследований методами беспенной флотацией, адсорбцией, потенциометрией, ИКС МНПВО, а также результаты кинетики флотации на смеси сульфидов сурьмы, железа и мышьяка. Установлено, что при соотношении ИТК:ДТФ=80:20 и 50:50 наблюдается повышение извлечения как пирита, так и арсенопирита, а в соотношении ИТК:ДТФ=60:40 извлечение сульфидов достигает своего минимума. Согласно ИКС МНПВО на поверхности антимонита присутствуют характеристические полосы, соответствующие тионокарбаматам и группе S=O, что свидетельствует о взаимодействии модификатора и собирателя независимо друг от друга. Также предложен механизм взаимодействия антимонита, арсенопирита и пирита с тиосульфатом натрия и сульфгидрильным собирателем.

В пятой главе представлены результаты лабораторных технологических исследований на труднообогатимой золотосульфидной руде. Согласно установленным ранее результатам, предложен реагентные режимы и частично коллективно-селективная схема с дальнейшим циклом обессурьмивания, где получен золотосульфидный концентрат с содержанием 41,12 г/т и массовой долей сурьмы 0,27%.

Новизна основных научных результатов и их значимость для науки и производства

Диссертационная работа содержит научно и практически значимые новые результаты, где основными пунктами являются:

1. Установлена критическая концентрация модификаторов на уровне $4,4 \cdot 10^{-3}$ моль/л, которое позволяет увеличить контрастность между сульфидами.
2. Установлено соотношение ионогенного и неионогенного сульфгидрильных собирателей, при которых извлечение арсенопирита и пирита как увеличивается, так и достигает своего минимума.
3. Предложен механизм взаимодействия поверхности антимонита, арсенопирита и пирита с сульфгидрильным собирателем в присутствии тиосульфата натрия. Согласно механизму, на поверхности арсенопирита и пирита образуются преимущественно гидроксиды железа и полисульфиды соответственно, а на поверхности антимонита закрепление тиосульфата и сульфгидрильных собирателей протекает совместно.

Практическая значимость заключается в разработке реагентного и схемного режимов флотации труднообогатимой золотосульфидной руды с последующим способом селективной флотации стибнита из золото-сульфидных руд. Разработаны реагентный режим и частично коллективно-селективная схема флотации.

Результаты диссертации рекомендуются использовать в институтах и предприятиях, таких как АО «Прииск Удере́йский», «Полиметалл», ООО «Белое Золото», «Сарылах-Сурьма», «Звезда» и т.д., которые занимаются переработкой труднообогатимых золотосульфидных руд, содержащих золото в закрытых сростках с сульфидами, а также золото-сурьмяных сульфидных руд, которые требуют отдельного цианирования золотосульфидных и золото-сурьмяных концентратов.

Результаты диссертации опубликованы в виде 11 статей в изданиях, входящих в базы WoS и Scopus, и 5 тезисов докладов в сборниках материалов международных конференций.

Достоверность результатов обоснована математическим расчетом погрешностей, а также представлением их на международных конференциях.

По прочтении и обсуждении диссертационной работы возникли следующие вопросы и замечания:

1. Отсутствует информация о возможности масштабирования полученных результатов до промышленного уровня. Есть ли данные по реагентным и энергозатратам предложенной технологии и насколько она экономически выгодна по сравнению с традиционными схемами (не приведены сведения, позволяющие в полной мере оценить экономическую эффективность)

2. В руде сурьма представлена сульфидной формой только на ~50%. С отвальными хвостами теряется 12% сурьмы. С какими минеральными формами потери сурьмы?

3. Изучено комплексообразование меди и железа с бутиловым ксантогенатом и диизобутиловым дитиофосфатом, предложены комплексные соединения. Какие соединения образуются между сурьмой и сульфгидрильными собирателями?

4. Каковы механизмы взаимодействия собирателей с минералами в смешанных системах, где присутствуют несколько сульфидов? Учитывались ли возможные эффекты электрохимического взаимодействия минералов (явление аутогенной поляризации, контактной разности потенциалов)?

5. Какое влияние изменение окислительно-восстановительных условий на адсорбцию собирателей при флотации минералов сульфидов сурьмы, железа и мышьяка.

6. Где и как использованы результаты измерения удельной поверхности методом БЭТ, представленные в п. 2.2.7? Судя по массе 5 г и крупности - 44 мкм, это пробы для выполнения тестов в трубке Халимонда. Где результаты измерения и как их интерпретировали?

7. В п.3.1 автор рассматривает взаимодействие сульфгидрильных собирателей с катионами Fe^{2+} , Fe^{3+} (по-видимому катионами металлов извлекаемого минерала - пирита или арсенопирита при флотации) и Cu^{2+} (т.к. соли меди активируют вышеназванные сульфиды). Однако, интерес представляет также образование комплексов Pb^{2+} с сульфгидрильными

реагентами-собирателями, т.к. использование нитрата свинца является одним из типовых решений для активации флотации антимонита и целью работы является повышение контрастности флотации сульфидов.

8. По тексту присланного варианта диссертации сбивается нумерация литературных источников, по-видимому, где-то использованы автоссылки, где-то вбиты вручную (стр. 15).

Указанные замечания ни в коей мере не снижают общей положительной оценки результатов, полученных в диссертационной работе.

Текст автореферата соответствует содержанию диссертации.

Заключение

Диссертация Ергешевой Н.Д. является завершенной научно-исследовательской работой, в которой решена актуальная проблема, заключающаяся в повышении контрастности сульфидов сурьмы, железа и мышьяка работа обладает научной и практической значимостью. По актуальности, достоверности, научно-методическому уровню исследования, научной новизне и практической значимости полученных результатов диссертационная работа «Повышение контрастности флотации сульфидов сурьмы, железа и мышьяка из труднообогатимых золотосульфидных руд с использованием сочетания сульфгидрильных собирателей в окислительно-восстановительных условиях» соответствует требованиям П710.05-24 «Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.9. – Обогащение полезных ископаемых.

Отзыв на диссертацию и автореферат ЕРГЕШЕВОЙ НАЗЫМАРЗУ ДАУРЕНКЫЗЫ «Повышение контрастности флотации сульфидов сурьмы, железа и мышьяка из труднообогатимых золотосульфидных руд с использованием сочетания сульфгидрильных собирателей в окислительно-

восстановительных условиях» обсужден на заседании кафедры обогащения полезных ископаемых дата 18.04.2025 (протокол № 4).

Заведующий кафедрой «Обогащение
полезных ископаемых» СФУ,

канд. тех. наук (25.00.13

Обогащение полезных ископаемых),

доцент



Бурдакова Е.А.

Подпись Е.А. Бурдаковой

заверяю



Информация о заверителе