



«УТВЕРЖДАЮ»
Генеральный директор ФГБУ «ВИМС»

А. А. Коровко

« 06 » февраля 2026 г.

ОТЗЫВ

**ведущей организации Федерального государственного бюджетного учреждения
«Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья
им. Н.М. Федоровского» (ФГБУ «ВИМС») на диссертационную работу Хтет Зо У
«Действие композиций металлосодержащих модификаторов с сульфидом натрия на
поверхности сульфидных минералов меди и цинка при флотации медно-цинковых руд»,
представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук
по специальности 2.8.9. – «Обогащение полезных ископаемых»**

Рецензируемая диссертационная работа посвящена актуальной для современной России проблеме, связанной с переработкой труднообогатимых колчеданных медно-цинковых руд. Руды характеризуются сложным минеральным составом, взаимопрорастанием сульфидных минералов и их тонкой вкрапленностью в минералах породы. Эти особенности затрудняют эффективное разделение ценных компонентов и приводят к значительным потерям меди и цинка в хвостах при использовании традиционных технологий. Наиболее распространённая коллективно-селективная схема флотации, несмотря на свою эффективность, требует постоянного совершенствования реагентных режимов для повышения селективности процесса. Внедрение новых селективно действующих реагентов-модификаторов, в частности композиций металлосодержащих модификаторов в сочетании с сернистым натрием, позволяет усилить контрастность поверхностных свойств близких по флотационной активности минералов, что способствует снижению потерь цветных металлов и улучшению качества концентратов. В связи с этим разработка и применение таких реагентных композиций представляет собой научно и практически значимую задачу, направленную на повышение эффективности переработки труднообогатимых медно-цинковых колчеданных руд.

Основными задачами диссертационной работы Хтет Зо У являются:

- разработка методики определения рН, окислительно-восстановительного потенциала и удельной проводимости жидкой фазы и суспензий растворов железного, цинкового и медного купоросов и сернистого натрия при их введении в реактор с водой и с суспензией гидроксида кальция;
- исследование поверхности сфалерита и пирита после обработки металлосодержащими модификаторами в сочетании с сернистым натрием методом

рентгенофлуоресцентой спектроскопии на предмет наличия катионов железа, цинка и серы;

- исследование взаимодействия поверхности минералов сфалерита и пирита с продуктами гидролиза и диссоциации металлосодержащих реагентов-модификаторов методом измерения дзета-потенциала сфалерита и пирита методом электроосмоса;
- изучение изменения гидрофобности поверхности сфалерита и пирита под действием металлосодержащих модификаторов с сернистым натрием методами лежащей и висящей капли органической жидкости (тяжелый газойль каталитического крекинга) воде и в растворе бутилового ксантогената калия;
- изучение влияния композиций металлосодержащих модификаторов с сернистым натрием на флотацию медно-цинковой руды; оптимизация и моделирование зависимостей извлечения меди, цинка и железа в пенный продукт медно-цинковой флотации с использованием симплекс-метода планирования эксперимента;
- разработка реагентного режима флотации медно-цинковой руды с использованием композиции металлосодержащих модификаторов с сернистым натрием на основе установленных закономерностей.

Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, списка использованных источников из 143 наименований. Общий объем работы составляет 150 страниц, включает 85 рисунков, 17 таблиц и 3 приложения.

Выявленные автором закономерности позволили получить наиболее существенные, по нашему мнению, результаты, определяющие научную новизну и научную значимость результатов диссертационной работы:

1. Установлено, что обработка сфалерита раствором, содержащим смесь железного купороса и сернистого натрия в соотношении 50 % : 50 % при общем расходе смеси 100 г/т, приводит к уменьшению отрицательного значения дзета-потенциала минерала, что свидетельствует об уменьшении положительного заряда поверхности зерен сфалерита, и, в свою очередь, способствует адсорбции дисульфидов анионных сульфгидрильных собирателей и улучшает флотируемость сфалерита.
2. Установлен ряд адгезии аполярной органической жидкости (тяжелый газойль каталитического крекинга) к поверхности сфалерита, предварительно обработанного растворами реагентов-модификаторов на основании рассчитанных величин работы адгезии на границе раздела фаз «минеральная поверхность – вода - органическая жидкость или раствор бутилового ксантогената калия.
3. На основании результатов медно-цинковой флотации с использованием симплекс-плана Шеффе 4-го порядка разработаны статистические модели, устанавливающие

зависимость показателей флотации меди, цинка и железа в коллективный медно-цинковый концентрат от состава использованных в работе тройных смесей реагентов-модификаторов.

4. Методом рентгенофлуоресцентной спектроскопии установлена адсорбция серы при взаимодействии поверхности сфалерита с водными растворами сернистого натрия, особенно с раствором смеси железного купороса, цинкового купороса и сернистого натрия в соотношении 50 % : 25 % : 25 %.
5. На основании результатов медно-цинковой флотации с использованием симплекс-плана Шеффе 4-го порядка разработаны статистические модели, устанавливающие зависимость показателей флотации меди, цинка и железа в коллективный медно-цинковый концентрат от состава использованных в работе тройных смесей реагентов-модификаторов.

Практическая значимость диссертационной работы заключается в следующем:

- разработан реагентный режим для коллективно-селективной флотации медно-цинковой колчеданной руды одного из Уральских месторождений на основе использования композиций металлосодержащих реагентов-модификаторов с сернистым натрием в коллективном цикле флотации. Зафиксировано повышение эффективности извлечения меди и цинка и снижение флотоактивности пирита, что открывает возможности для внедрения данных решений в промышленную практику обогатительных фабрик;
- экспериментально установлено, что смесь железного купороса и сернистого натрия в соотношении 50 % : 50 % при ее общем расходе 100 г/т приводит к повышению извлечения меди в медно-пиритный концентрат до 86,74 %, а цинка в цинковый концентрат до 73,86 %;
- показано, что при применении смеси железного купороса с сернистым натрием при их расходах в смеси 50 г/т каждого реагента наблюдается наилучшая кинетика флотации меди в операции медно-пиритной флотации. Применение реагентов-модификаторов с сернистым натрием не ухудшает кинетику флотации медно-цинковых колчеданных руд.

Достоверность полученных результатов диссертационной работы подтверждена комплексным применением современных физико-химических методов анализа, включая рентгенофлуоресцентный анализ (РФА), измерение краевого угла смачивания, определение дзета-потенциала, а также осаждение и соосаждение гидроксидов и сульфидов цинка и железа. Все экспериментальные данные обработаны с применением методов математической статистики,

а зависимости между составом реагентных смесей и показателями флотации описаны с помощью регрессионных моделей типа «состав – свойство».

По диссертационной работе имеются замечания и вопросы, не затрагивающие сути научных положений и основных выводов работы:

1. В главе 3 представлены результаты физико-химических исследований состояния различных растворов металлосодержащих реагентов-модификаторов флотации сульфидов меди, цинка и пирита, взаимодействие которых с поверхностью указанных минералов оценивалось методом РФА. Однако этот метод не дает оценки наличия катионов цинка и железа и анионов сульфидной серы именно на поверхности зерен указанных минералов. Для этого более применимы методы РФЭС и Оже-спектроскопии. Какие методические приемы использовались диссертантом для применения РФ-спектрометрии в данном случае.
2. Одной из причин повышения флотируемости минералов меди, цинка и особенно пирита может быть образование физической формы сорбции ксантогената, однако в работе не выполнены соответствующие спектрофотометрические исследования форм сорбции собирателя на поверхности указанных минералов.
3. На схеме селекции коллективного медно-цинкового концентрата и в тексте не указано время доизмельчения (рисунок 2.15).
4. В текст диссертационной работы необходимо внести расшифровки аббревиатур и сокращений, например, БКК, ТГКК и пр.
5. В автореферате отсутствует общая характеристика отобранной технологической пробы и не приведен вещественный состав руд объекта исследования.

Оценивая в целом диссертационную работу Хтет Зо У, следует отметить:

- ее актуальность и научную новизну в области переработки сложных по составу труднообогатимых колчеданных медно-цинковых руд флотационными методами обогащения с применением усовершенствованных реагентных режимов;
- практическую значимость, которая определяется возможностью применения разработанной на основе широко доступных неорганических солей композиции модификаторов с сернистым натрием для повышения эффективности флотации сложных медно-цинковых руд.

Материалы диссертации Хтет Зо У отражены в 13 публикациях, из которых 3 статьи в рецензируемых журналах ВАК, 3 статьи в журналах, индексируемых в базах данных Scopus и РИНЦ, 1 свидетельство о регистрации НОУ-ХАУ и 6 тезисов докладов в сборниках материалов научных конференций и форумов.

В диссертационной работе Хтет Зо У предлагается решение актуальной научной задачи по интенсификации процесса медно-цинковой флотации для повышения извлечения меди в концентрат за счет применения смеси железного купороса и сернистого натрия. Полученные результаты можно рекомендовать для применения на обогатительной фабрике, перерабатывающей колчеданные медно-цинковые руды. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Работа соответствует требованиям пп. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (в редакции постановления Правительства РФ от 24.09.2013 № 842), предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертациям, а ее автор, Хтет Зо У, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.9 — «Обогащение полезных ископаемых» (технические науки).

Диссертационная работа и положительный отзыв ведущего предприятия рассмотрены на заседании технологической секции Ученого Совета ФГБУ «ВИМС» (протокол № 1 от 03 февраля 2026 г.).

Заведующий технологическим отделом, к.х.н.

 С.И. Ануфриева

Ведущий научный сотрудник, к.т.н.

 А.И. Каплин

119017, Москва, Старомонетный пер., д. 31.

Телефон: +7(495) 950-31-97

Адрес электронной почты: anufrieva@vims-geo.ru

Собственноручную подпись сотрудника ФГБУ «ВИМС»	
	
удостоверяю:	
Помощник генерального директора	
ФГБУ «ВИМС» 	
«06» 02	2026 г.



Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья
им. Н.М. Федоровского» (ФГБУ «ВИМС»)

ВЫПИСКА ИЗ ПРОТОКОЛА № 1

заседания технологической секции Ученого совета ФГБУ «ВИМС»

от 03 февраля 2026 г.

г. Москва

Председатель — Рогожин А.А.

Секретарь — Соколова В.Н.

ПРИСУТСТВОВАЛИ:

Члены секции: Рогожин А.А., Ануфриева С.И., Соколова В.Н., Каплин А.И., Лихникевич Е.Г., Луговская И.Г., Пермьякова Н.А., Раджабов М.М., Ступакова Е.В., Чепрасов И.В.

Приглашенные: Хтет Зо У, Бородина Е.К., Гришаев Г.С., Иванова М.В., Ивашов Д.А., Косоротов Е.А., Лосев Ю.Н., Наумов Д.В., Рахимов Х.К., Синайская А.И., Фокин М.А.

ПОВЕСТКА ДНЯ:

Рассмотрение и обсуждение диссертационной работы Хтет Зо У «**Действие композиций металлосодержащих модификаторов с сульфидом натрия на поверхности сульфидных минералов меди и цинка при флотации медно-цинковых руд**», выполненной на кафедре обогащения и переработки полезных ископаемых и техногенного сырья НИТУ МИСИС, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.9 — «Обогащение полезных ископаемых».

СЛУШАЛИ:

Хтет Зо У — о результатах проведенных исследований по изучению действия композиций металлосодержащих модификаторов с сульфидом натрия на поверхности сульфидных минералов меди и цинка при флотации медно-цинковых руд, показавших, что применение смеси железного купороса и сернистого натрия приводит к уменьшению отрицательного значения дзета-потенциала минерала, способствует адсорбции дисульфидов анионных сульфгидрильных собирателей и улучшает флотируемость сфалерита, что, в свою очередь, позволяет повысить извлечение меди в медно-пиритный концентрат, цинка — в цинковый концентрат.

ВОПРОСЫ ЗАДАЛИ:

Рогожин А.А., Ануфриева С.И., Каплин А.И., Иванова М.В., Лихникевич Е.Г.

ВЫСТУПИЛИ:

Ануфриева С.И. с сообщением по отзыву ведущей организации — Федерального государственного бюджетного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья им. Н.М. Федоровского» (ФГБУ «ВИМС»).

ПОСТАНОВИЛИ:

1. Рекомендовать диссертационную работу «Действие композиций металлосодержащих модификаторов с сульфидом натрия на поверхности сульфидных минералов меди и цинка при флотации медно-цинковых руд» к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.9 — «Обогащение полезных ископаемых».
2. Одобрить подготовленный отзыв на кандидатскую диссертацию и направить в адрес диссертационного совета НИТУ МИСИС.

Председатель

А.А. Рогожин

Секретарь

В.Н. Соколова