

Заключение экспертной комиссии

по защите диссертации ХТЕТА 30 У

«ДЕЙСТВИЕ КОМПОЗИЦИЙ МЕТАЛЛОСОДЕРЖАЩИХ МОДИФИКАТОРОВ С
СУЛЬФИДОМ НАТРИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ СУЛЬФИДНЫХ МИНЕРАЛОВ МЕДИ И
ЦИНКА ПРИ ФЛОТАЦИИ МЕДНО-ЦИНКОВЫХ РУД»,

представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук

по специальности 2.8.9. - Обогащение полезных ископаемых,

состоявшейся в НИТУ МИСИС 24.02.2026

Диссертация принята к защите Диссертационным советом НИТУ МИСИС 24.11.2025, протокол № 34.

Диссертация выполнена на кафедре обогащения и переработки полезных ископаемых и техногенного сырья НИТУ МИСИС.

Научный руководитель - доктор технических наук, профессор кафедры обогащения и переработки полезных ископаемых и техногенного сырья НИТУ МИСИС Горячев Борис Евгеньевич.

Экспертная комиссия утверждена Диссертационным советом НИТУ МИСИС (протокол № 34 от 24.11.2025 г.) в составе:

1. Чантурия Елена Леонидовна, д.т.н., профессор кафедры обогащения и переработки полезных ископаемых и техногенного сырья НИТУ МИСИС - председатель комиссии;

2. Богатырева Елена Владимировна, д.т.н., профессор кафедры цветных металлов и золота НИТУ МИСИС;

3. Морозов Валерий Валентинович, д.т.н., профессор кафедры общей и неорганической химии НИТУ МИСИС;

4. Александрова Татьяна Николаевна, д.т.н., заведующая кафедрой обогащения полезных ископаемых федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II»;

5. Матвеева Тамара Николаевна, д.т.н., заведующая отделом проблем комплексного извлечения минеральных компонентов из природного и техногенного сырья федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова.

В качестве ведущей организации утверждено федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья им. Н.М. Федоровского», г. Москва.

Экспертная комиссия отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований по теме диссертации получены теоретически и практически значимые, обладающие новизной результаты:

1. Методом электроосмоса доказано, что обработка зерен сфалерита раствором со смесью железного купороса и сернистого натрия в соотношении 50%:50% приводит к нейтрализации его поверхностного заряда (дзета-потенциал близок к нулю), что способствует закреплению аполярных форм собирателей. Обработка железным купоросом, напротив, сообщает поверхности сфалерита выраженный положительный заряд, благоприятствующий адсорбции анионных собирателей. Установлена значительно меньшая чувствительность поверхности пирита к действию исследуемых модификаторов;

2. Методом измерения краевого угла смачивания аполярной органической жидкостью ТГКК в растворе бутилового ксантогената калия, установлен ряд увеличения гидрофобности поверхности сфалерита после предварительной обработки его зерен различными модификаторами: $\text{FeSO}_4 < 0,5\text{FeSO}_4 + 0,5\text{ZnSO}_4 < 0,5\text{FeSO}_4 + 0,25\text{ZnSO}_4 + 0,25\text{Na}_2\text{S} < \text{ZnSO}_4 < \text{Na}_2\text{S}$. Закрепление капли аполярной жидкости на поверхности таблетки, спрессованной из зерен пирита, обработанных реагентами модификаторами не наблюдалось ни в воде, ни в растворе бутилового ксантогена калия;

3. Результаты потенциометрии и кондуктометрии растворов и жидкой фазы суспензий осадков гидроксидов кальция, железа, цинка и меди подтвердили, что введение в такие суспензии сернистого натрия позволяет направленно регулировать окислительно-восстановительный потенциал (ОВП), pH и ионный состав пульпы, создавая восстановительную среду, благоприятную для селективной флотации сульфидов меди и цинка от пирита;

4. Экспериментально определены оптимальные составы растворов из реагентов-модификаторов с сернистым натрием для коллективной медно-цинковой флотации. Наибольшее суммарное извлечение меди и цинка (91,7% и 44,2% соответственно) достигнуто при использовании смеси 25 г/т CuSO_4 , 25 г/т ZnSO_4 и 50 г/т Na_2S . Показано, что применение смеси FeSO_4 (50 г/т) и Na_2S (50 г/т) обеспечивает максимальное извлечение меди (92,6%) при подавлении флотации пирита. Кинетические исследования подтвердили, что использование двухкомпонентной смеси $\text{FeSO}_4 + \text{Na}_2\text{S}$ способствует ускоренной флотации минералов меди и цинка при снижении флотоактивности пирита;

5. На основе симплексного планирования эксперимента разработаны статистические модели, описывающие влияние состава тройных композиций модификаторов ($\text{CuSO}_4 + \text{ZnSO}_4 + \text{Na}_2\text{S}$) на технологические показатели коллективной медно-цинковой флотации. Теоретически и экспериментально определен оптимальный состав реагентной композиции: 25 г/т CuSO_4 + 20 г/т ZnSO_4 + 55 г/т Na_2S , обеспечивающий высокое извлечение меди (91,9%) и цинка (45,0%) в коллективный концентрат при минимальном извлечении железа (12,55%);

6. Укрупненные лабораторные испытания подтвердили эффективность применения композиций металлосодержащих реагентов-модификаторов с сернистым натрием в коллективном цикле флотации при дальнейшей селекции коллективного концентрата. Наилучшие результаты селективного разделения коллективного концентрата достигнуты при использовании смеси железного купороса и сернистого натрия в соотношении 50:50. Предложенный реагентный режим позволяет повысить селективность разделения медных и цинковых минералов от пирита и сократить потери цветных металлов с хвостами переработки, обеспечив получение медно-пиритного концентрата с содержанием меди 11,6% при извлечении 86,6%, с пониженными потерями цинка (26,3%). Кинетика протекания медно-пиритной флотации подтвердила, что применение композиции 50 г/т FeSO_4 + 50 г/т Na_2S обеспечивает максимальную скорость флотации минералов меди, основная масса которых (~99%) сосредоточена в легко- и среднефлотируемых фракциях (константы скорости флотации $K = 1-100 \text{ мин}^{-1}$), при одновременном переводе пирита в категорию труднофлотируемых фракций. Доля средне флотируемой фракции достигает 0,48 отн. единиц, а легко флотируемой 0,51 отн. единиц.

7. Разработан, защищен «ноу-хау» и рекомендован к промышленным испытаниям способ дозирования смеси неорганических реагентов-модификаторов разнонаправленного действия при флотации сульфидов цветных металлов на обогатительной фабрике, перерабатывающей колчеданные медно-цинковые руды.

Достоверность результатов исследования диссертации была подтверждена современными физико-химическими методами, включая рентгенофлуоресцентный анализ (РФА), измерение краевого угла смачивания, анализ дзета-потенциала, осаждение и соосаждение гидроксидов и сульфидов цинка и железа; экспериментальные данные, проанализированны с помощью математической статистики, и расчетом моделей типа «состав – свойство».

Личный вклад соискателя состоит в анализе современного состояния вопроса флотации медно-цинковых руд; планировании и проведении лабораторных экспериментов по изучению влияния композиций металлосодержащих модификаторов с сернистым натрием на

поверхность сульфидов, их дзета-потенциал, степень гидрофобизации и состав жидкой фазы при различных значениях pH; обработке и анализе экспериментальных данных; обобщении результатов исследований и формулировании научных выводов; подготовке научных статей, докладов и написании диссертации.

Материалы диссертации в соответствии с требованиями п. 2.5 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС опубликованы в 11 печатных работах, из которых 5 научных статей в рецензируемых изданиях, входящих в перечень ВАК РФ (2 в МБД), и в полной мере отражают её содержание. Зарегистрировано «Ноу-хау» НИТУ МИСИС № 14-654-2025 ОИС от 14 октября 2025г. Диссертационная работа имеет согласованность результатов работы с экспериментальными данными, опубликованными в научной литературе, отсутствует заимствование материала без библиографической ссылки.

Пункт 2.6. Положения присуждения ученой степени кандидата наук НИТУ МИСИС соискателем ученой степени не нарушен.

Диссертация Хтет Зо У соответствует критериям п.2 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС, так как в ней, на основании результатов выполненных автором исследований: установлены новые закономерности, факты и условия, на основе которых разработаны *новые научно обоснованные технологические решения*, повышающие эффективность флотационной селекции коллективного медно-цинкового концентрата и способствующие повышению извлечения меди в медно-пиритный концентрат медно-пиритной флотации (75,45 %) и цинка в цинковый продукт той же флотации (73,68 %) от руды, имеющие существенное значение для развития цветной металлургии страны.

Экспертная комиссия приняла решение о возможности присуждения Хтету Зо У ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.9 - «Обогащение полезных ископаемых».

Результаты голосования: при проведении тайного голосования Экспертная комиссия в количестве 5 человек из 5 человек, входящих в состав комиссии, проголосовала:

за - 5 чел.,

против - 0.,

недействительных бюллетеней - 0.

Председатель Экспертной комиссии,
доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры обогащения и переработки
полезных ископаемых и техногенного сырья НИТУ МИСИС

 Е. Л. Чантурия
24.02.2026