



«УТВЕРЖДАЮ»

Ректор Таджикского технического

университета им. М.С. Осими

доктор экономических наук, профессор

Давлатзода К.К.

« 4 » сентябрь 2025 г

## ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Солеховой Гулру Нуралиевны на тему «Технология переработки медьсодержащих руд месторождения Тарор и комплексообразования меди (II) с 3-метил-1,2,4-триазолтиолом», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по 05.17.00-Химическая технология (05.17.01-Технология неорганических веществ) и 02.00.00-Химия (02.00.01-Неорганическая химия).

Одним из перспективных направлений развития любой страны является широкое внедрение в промышленности принципиально новых технологий, позволяющих повысить эффективность использования минеральных ресурсов, снизить энерго- и материалоёмкость производства, улучшить охрану окружающей среды. Применение новых технологий актуально также и к производству меди, особенно при его извлечении из упорных руд, для расширения его масштабов и увеличения добычи этого ценного и полезного металла, количества которых могут обеспечить благосостояние экономики страны. В Таджикистане в настоящее время наблюдается сокращение легкообогатимых золото-медьсодержащих руд, в то время как в месторождениях страны выявляются достаточные количества труднообогатимых окисленных и смешанных руд, которые можно эффективно перерабатывать.

Изменение состава растворителя может существенно влиять, как на энергетику реакции, так и на химическое сродство реагирующих веществ и устойчивость образующихся связей. При этом при пересольватации реагентов может происходить изменение распределения зарядов и

Изменение состава растворителя может существенно влиять, как на энергетику реакции, так и на химическое сродство реагирующих веществ и устойчивость образующихся связей. При этом при пересольватации реагентов может происходить изменение распределения зарядов и геометрии молекулы, которая в конечном счете приводит к изменению образующихся комплексов. В этой связи исследования влияния на процессы комплексообразования в растворе является одна из основных задач современной химии растворов. Исследованию комплексообразования меди с азот и серосодержащими органическими лигандами в кислых растворах посвящено много работ. Вместе с тем работы раскрывающие влияния природы растворителя на равновесия комплексообразования меди (II) с триазолтиольными лигандами, учитывающие роль сольватационных вкладов реагентов в научной литературе отсутствуют.

**Соответствие темы диссертации паспорту научной специальности.** Соискатель в диссертационная работа приведено по двумя специальностям первые соответствует по пунктам 1, 3, 4 и 6 паспорта специальности 05.17.01-Технология неорганических веществ (отрасль науки техническая) по всем приведенным параметрам. А также по второму паспорту специальности 02.00.01-Неорганическая химия (отрасль науки техническая) по пунктам 6, 7 и 8 описанных соискателям полностью соответствует данная диссертационная работа.

**Актуальность темы исследования:** Химический состав растворителя оказывает фундаментальное влияние на ход и результат химических реакций, включая изменение энергетических характеристик взаимодействия, степень сродства между реагирующими компонентами, а также стабильность и прочность формируемых химических связей. При изменении сольватационного окружения реагентов может происходить перераспределение электронных зарядов и трансформация пространственной конфигурации молекул, что в конечном итоге влияет на структуру и устойчивость образующихся комплексов. В связи с этим изучение влияния растворителя на процессы комплексообразования в растворах представляет собой одну из приоритетных задач современной физико-химической науки.

Особое внимание в научной литературе уделяется исследованию взаимодействия ионов меди с органическими лигандами, содержащими атомы азота и серы, в кислых средах. Однако работы, посвящённые изучению влияния

природы растворителя на равновесие комплексообразования меди (II) с триазолтиоловыми соединениями, а также учёт сольватационных эффектов реагентов, практически отсутствуют.

В этой связи актуальной научной задачей становится всестороннее исследование процессов образования комплексов меди (II) с 3-метил-1,2,4-триазолтиолом, включая определение констант устойчивости, расчёт термодинамических параметров комплексных форм, а также анализ влияния состава и свойств растворителя на равновесие комплексообразования и степень ионизации указанного лиганда.

**Степень обоснованности научных положений, выводов и предложений, изложенных диссертации.** Обоснованность результатов и научных выводов работы обеспечены большим объёмом выполненных экспериментов с применением современных физико-химических методов исследования: элементный, рентгенофазовый анализ, ИК-спектроскопия и потенциометрического титрования.

#### **Научная новизна, практическая и теоретическая значимость.**

В ходе проведения комплексного анализа кинетических данных были выявлены вероятные сценарии, описывающие механизм протекания процесса азотнокислотного разложения сульфидного флотационного концентратата. На основе полученных экспериментальных и теоретических данных была разработана структурно-технологическая схема переработки данного типа минерального сырья, направленная на эффективное извлечение меди. Предложенная схема учитывает особенности химического состава исходного материала и оптимизирует условия выщелачивания.

Кроме того, в рамках работы была построена математическая модель процесса азотнокислотного выщелачивания, обладающая высокой прогностической способностью. Эта модель позволяет не только отслеживать динамику изменения технологических параметров на различных временных этапах, но и проводить их точную настройку в зависимости от условий проведения процесса, что существенно повышает управляемость и эффективность переработки.

Особое внимание в исследовании удалено изучению механизмов образования координационных соединений меди (II) с 3-метил-1,2,4-триазолтиолом (3MTrT) в среде хлороводородной кислоты с концентрацией от 4,0 до 6,0 моль/л. Для получения достоверных данных использовались методы потенциометрического

титрования, а также специально разработанный электрохимический редокс-датчик, основанный на взаимодействии 3MTrT с его окисленной формой. Эксперименты проводились в температурном диапазоне от 273 до 338 К, что позволило охватить широкий спектр термодинамических условий.

Полученные значения констант комплексообразования Cu(II) с 3MTrT в растворах HCl демонстрируют выраженные закономерности: с увеличением температуры наблюдается снижение устойчивости образующихся комплексов, что указывает на термодинамическую чувствительность системы. При этом изменение концентрации хлороводородной кислоты в указанном диапазоне не оказывает существенного влияния на равновесие комплексообразования, что позволяет сделать вывод о второстепенной роли кислотности среды в данном процессе.

**Достоверность диссертационных результатов.** Степень достоверности результатов работы, выводы и рекомендации подтверждаются использованием современных физико-химических методов исследований и математического моделирования.

**Степень достоверности результатов исследования, и точность обоснованность результатов исследования** обеспечивалась за счёт применения современных и высокоточных приборов, а также строгого контроля качества экспериментальных данных на всех этапах исследования. Переработка медистых и золотых руд и концентратов различными методами, моделирование процессов переработки медистых и золотых руд и концентратов; физико-химические основы процессов комплексообразования меди (II) с 3-метил-1,2,4-триазолтиолом в растворах HCl, синтез и физико-химические исследования новых координационных соединений меди (II) с 3-метил-1,2,4-триазолтиолом.

**Личный вклад автора** включает:

- Проведение системного анализа научной литературы.
- Непосредственное участие в постановке и проведении экспериментов.
- Интерпретацию полученных результатов.
- Формулирование научных выводов и практических рекомендаций.

**Подтверждение опубликования основных положений, результатов, выводов диссертации.** Полученные в ходе диссертационного исследования научные результаты прошли всестороннюю апробацию на различных научных площадках, включая международные симпозиумы, республиканские конференции и внутривузовские научные форумы. Это обеспечило их широкое обсуждение в

профессиональном сообществе и подтвердило актуальность и практическую значимость проведённой работы.

В подтверждение научной состоятельности и оригинальности подходов, по итогам исследования были опубликованы 6 научных статей в специализированных журналах, входящих в перечень изданий, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Таджикистан. Кроме того, подготовлено и представлено 15 тезисов докладов на научных конференциях различного уровня - от вузовских до международных. В рамках практической реализации результатов получен один малый патент Республики Таджикистан, что свидетельствует о прикладной ценности разработанных решений.

Объём и качество публикационной активности полностью соответствуют требованиям, установленным нормативными документами, регулирующими порядок присуждения учёных степеней, утверждёнными постановлением Правительства Республики Таджикистан.

**Общая оценка работы.** Диссертационное исследование Солеховой Гулру Нуралиевны на тему: «Технология переработки меди содеряжащих руд месторождения Тарор и комплексообразования меди (II) с 3-метил-1,2,4-триазолтиолом» представляет собой завершённую научную работу, содержащую существенные новейшие результаты в области координационной химии и технологии неорганических веществ.

Проведённое исследование характеризуется:

- достаточным объёмом и глубиной проработки материала,
- высокой актуальностью поставленных научных задач,
- значительной научной новизной полученных результатов,
- практической значимостью разработанных технологических решений.

По своим содержательным и формальным характеристикам диссертация полностью соответствует требованиям, установленным «Положением о порядке присуждения учёных степеней», утверждённым Постановлением Правительства Республики Таджикистан.

На основании комплексного анализа представленных материалов считаем, что диссертационная работа соответствует критериям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор - Солехова Гулру Нуралиевна - заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальностям:

- 05.17.01 - Технология неорганических веществ и
- 02.00.01 - Неорганическая химия.

**Структура, содержание и основные результаты работы.** Представленная диссертационная работа включает в себя вступительную часть, четыре содержательные главы, заключение, а также обширный перечень использованной научной литературы, насчитывающий 125 источников как отечественных, так и зарубежных авторов. Общий объём исследования составляет 149 страниц, дополненных 23 таблицами и 35 иллюстративными графическими материалами, что свидетельствует о высокой степени детализации и визуализации полученных результатов.

Во вступительной части (**введении**) обоснована актуальность выбранной научной темы, охарактеризована степень её изученности в современной научной среде, сформулированы цели и задачи исследования, определена информационная база, а также раскрыты теоретические и методологические подходы, лежащие в основе работы. Кроме того, подчёркнута как практическая, так и теоретическая значимость полученных результатов для дальнейшего развития химии растворов и гидрометаллургии.

**Первая глава** содержит обстоятельный аналитический обзор научных публикаций, охватывающих как отечественные, так и международные исследования, связанные с тематикой диссертации. Особое внимание уделено гидрометаллургическим и азотнокислотным методам переработки медно-золотосодержащих руд Тарорского месторождения и их концентратов, с целью повышения эффективности их промышленного использования. Также подробно рассмотрены процессы комплексообразования и синтеза координационных соединений переходных металлов с гетероциклическими органическими лигандами. Проанализировано влияние состава растворителя на равновесие комплексообразования d-элементов с лигандами, содержащими атомы азота, серы и кислорода.

**Вторая глава** посвящена экспериментальной части исследования. В ней представлены данные о химическом и минералогическом составе исследуемых руд, полученные с применением различных физико-химических методов анализа. Также изложены технологические схемы переработки медно-золотосодержащих концентратов, характерных для Тарорского месторождения, с акцентом на оптимизацию процессов извлечения ценных компонентов.

**Третья глава** содержит результаты исследований, проведённых методом потенциометрического титрования с использованием окислительно-восстановительного электрода, основанного на 3-метил-1,2,4-триазолтиоле. Эксперименты проводились в растворах хлористоводородной кислоты с концентрацией от 4,0 до 6,0 моль/л и в

температурном диапазоне от 273 до 338 К. На основе полученных данных охарактеризованы процессы комплексообразования и описаны свойства синтезированных координационных соединений меди (II) с указанным лигандом.

Заключительная глава (**глава 4**) посвящена интерпретации и обсуждению полученных результатов. В ней представлены данные, полученные с применением современных физико-химических методов, направленных на установление состава и пространственной структуры синтезированных комплексов. Для определения способа координации 3-метил-1,2,4-триазолтиола к иону меди (II) были проведены рентгенофазовый анализ и исследование инфракрасных спектров, что позволило уточнить механизм образования комплексных соединений.

**Соответствие оформления диссертации требованиям Высшей аттестационной комиссии.** Диссертация и её автореферат подготовлены в соответствии с требованиями Инструкции по порядку оформления диссертации и автореферата диссертации, утверждённой постановлением Президиума Высшей аттестационной комиссии при Президенте Республики Таджикистан от 27 декабря 2024 года, №493.

**Соответствие научной квалификации соискателя для получение ученной степени.** Научная квалификация соискателя Солеховой Г.Н. соответствует представленной научной специальностям 05.17.00-Химическая технология (05.17.01-Технология неорганических веществ) и 02.00.00-Химия (02.00.01-Неорганическая химия).

Диссертационное исследование Солеховой Г.Н. поддерживается той точки зрения, что его работа представляет собой завершённое научное исследование, выполненное автором самостоятельно, в котором изложены новые научно-обоснованные решения в области физико-химических технологических процессов получения меди и его использования комплексообразования с 3-метил-1,2,4-триазолтиолом.

Вместе с тем при чтении диссертации и автореферата возникли пожелания, некоторое вопросы и замечания по работе:

1. В процессе выщелачивания сульфидов азотной кислотой из концентрата образуются окислы азота. Рекомендуется рассмотреть вопросы утилизации этих окислов, так как их выбросы загрязняют атмосферу. Утилизация может быть осуществлена для получения азотной кислоты, которую можно повторно использовать в цикле выщелачивания.

2. Хорошо, что описан метод рентгенофазового анализа, но можно добавить больше информации о том, как проводилось исследование и какие параметры были измерены.
3. Выводы слишком большие и развернуты. Следовало бы их конкретизировать.
4. Известно, что жидкость испаряются при повышении температуры. Не испаряется ли раствор при температуре 338 К ( $65^{\circ}\text{C}$ ) при потенциометрическом титровании из электрохимической ячейки, содержащей водный раствор  $\text{HCl}$ ?
5. В тексте диссертации имеются грамматические и орфографические ошибки, технические опечатки, также, встречаются химико-технологические термины, которых нужно заменить нужными аналогами.

Выявленные замечания, высказанные в процессе рецензирования, не оказывают существенного влияния на научную значимость и прикладную ценность представленного диссертационного труда. Они не снижают актуальности темы и не умаляют уровня проведённого исследования. Работа выполнена на высоком научно-методическом уровне, отличается целостностью, логической завершённостью и содержит весомые научные результаты, обладающие как теоретическим, так и практическим потенциалом.

Автореферат диссертации отражает основное содержание исследования и подготовлен в соответствии с установленными требованиями.

**Заключения.** Диссертационная работа Солеховой Гулру Нуралиевны является обширным исследованием, разработка технологической схемы медиистых золотых руд Тарорского месторождения, расширяющим представления о закономерностях комплексообразования меди (II) с триазолтиольными лигандами в кислых растворах. В целом, работа представляет собой завершенное научное исследование, выполненное на высоком экспериментальном уровне и представляющее не только теоретический, но и практический интерес.

Соответствие содержания диссертации заявлена по двумя специальностям и научной квалификации ученой степени выполненной диссертационной работы Солеховой Гулру Нуралиевны «Технология переработки медиодержащих руд месторождения Тарор и комплексообразования меди (II) с 3-метил-1,2,4-триазолтиолом», полностью соответствует требованиям Положения о порядке присуждения учёных степеней, утвержденного постановлением Правительством Республики Таджикистан, а её автор достоин присуждения учёной степени кандидата технических наук по

специальностям 05.17.00-Химическая технология (05.17.01-Технология неорганических веществ) и 02.00.00-Химия (02.00.01-Неорганическая химия).

Отзыв подготовлен в соответствии с пунктами 76 79 и 81 Порядка присуждения ученых степеней, утвержденных постановлением Правительства Республики Таджикистан от 30 июня 2021 года №267.

Отзыв обсужден и одобрен на заседании кафедры “Технология химических производств” факультета химической технологии и металлургии Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими (протокол № 1 от «28» июня 2025 года).

На заседании кафедры присутствовали: 12 человек.

Результаты голосования: за 12 человек, против 0, воздержавшихся 0

Председатель заседания, заведующий кафедры  
“Технология химических производств”  
факультета химической технологии и  
металлургии Таджикского технического  
университета имени академика М.С. Осими,  
доктор химических наук, профессор

Обидов З.Р.

Эксперт: к.т.н., и.о. доцент кафедры  
«Технология химических производств»  
факультета химической технологии и  
металлургии Таджикского технического  
университета имени академика М.С. Осими,

Шодиев Г.Г.

секретарь заседания кафедры,  
«Технология химических производств»  
факультета химической технологии и  
металлургии Таджикского технического  
университета имени академика М.С. Осими,

Карамирзоева Г.Х.

Адрес: Республика Таджикистан, Таджикский технический университет им. М.С. Осими, 734042, г. Душанбе, пр. акад. Раджабовых-10, <https://web.ttu.tj/ru>, Тел: +992 322225481, +992322222253. E-mail: ttu@ttu.tj

Подписи: Председателя заседания кафедры “Технология химических производств” факультета химической технологии и металлургии Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими, зав. кафедры доктор химических наук, профессор Обидов З.Р., к.т.н., и.о. доцент кафедры Шодиев Г.Г. и секретарь заседании кафедры Карамирзоева Г.Х.

**Заверяю:**

Начальник управления кадров

и специальных работ Таджикского  
технического университета имени  
академика М.С. Осими,

Кодирзода Н.Х.

