

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

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 специальностям 05.17.01-Технология неорганических веществ и 02.00.01-Неорганическая химия

Тема диссертации соответствует по паспорту научной специальности. Диссертационная работа соответствует по пунктам 1, 3, 4 и 6 паспорта специальности 05.17.01-Технология неорганических веществ (отрасль науки техническая) по всем приведенным параметрам.

Данной работе отражено нескольким пунктам паспорта специальности 02.00.01-Неорганическая химия (отрасль науки техническая) по следующим параметрам.

По пункту шест определение надмолекулярного строения синтетических и природных неорганических соединений, включая координационные. Изложенных в подглавах представлены результаты синтеза новых координационных соединений меди (II) с 3-метил-1,2,4-триазолтиолом и исследование физико-химических свойств синтезированных соединений соответствует.

В 7 пункте процессы комплексообразования и реакционная способность координационных соединений. Реакции координированных лигандов подробна изложена исследования комплексообразования меди (II) с 3-метил-1,2,4-триазолтиолом и влияния концентрации соляной кислоты на устойчивость констант образования комплексов.

Восьмой пункт моделирование процессов, протекающих в окружающей среде, растениях и живых организмах, с участием объектов исследования неорганической химии. Приведены результаты исследования математического моделирования процесса азотнокислотного выщелочивания концентрата месторождения Тарор и комплексообразования меди (II) с 3-метил-1,2,4-триазолтиолом в растворах 4,0-6,0 моль/л HCl методом потенциометрического титрования.

Актуальность работы. Одним из стратегически важных факторов экономического развития Республики Таджикистан выступает добыча и промышленное производство редких и цветных металлов, в число которых входят золото, серебро, медь, свинец, цинк и алюминий. Ключевую сырьевую основу для медной промышленности составляют комплексные золото-медные руды, которые, как правило, содержат и другие ценные попутные компоненты, такие как серебро, мышьяк и сурьму, что повышает комплексность и потенциальную рентабельность их переработки. Анализ современных научных данных демонстрирует, что процессы формирования комплексных соединений Cu(II) с 3-метил-1,2,4-триазолтиолом в условиях кислых сред до настоящего времени не были подвергнуты системному и детальному изучению. В научной литературе отсутствует информация о закономерностях изменения прочности и устойчивости данных координационных соединений, а также о точных значениях их ключевых термодинамических параметров (таких как константы устойчивости, изменения энталпии и энтропии) в зависимости от состава растворителей и влияния кислотности среды.

На основании вышеизложенного, актуальными представляются комплексные исследования, направленные как на разработку эффективных методов переработки медистых руд месторождения Тарор, так и на проведение целенаправленных фундаментальных исследований процессов синтеза и характеристик комплексов меди (II) с 3-метил-1,2,4-триазолтиолом. Эти изыскания нацелены на установление чётких взаимосвязей между составом растворителей и особенностями формирования хлоридных комплексов, их термодинамическими характеристиками и термической стабильностью. Установление коэффициентов устойчивости данных соединений и определение оптимальных целевых продуктов представляет собой не только актуальную научную задачу, но и имеет важное практическое значение для импортозамещения и преодоления экономических вызовов, стоящих перед республикой.

В диссертационной работе Солеховой Гулру Нуралиевны представлен значительный объём новых оригинальных результатов, полученных в ходе системного изучения влияния природы и состава растворителя на основе хлороводородной кислоты на равновесия

взаимодействия ионов меди (II) с 3-метил-1,2,4-триазолтиолом, а также на константы ионизации (pK_a) самого лиганда.

Степень новизны результатов, полученных в диссертации и научных положений, представленных к защите.

Проведённое исследование позволило получить ряд основополагающих результатов, вносящих вклад в развитие химической технологии и неорганической химии:

- Выполнен детальный физико-химический анализ рудной массы Тарорского месторождения с установлением её компонентного состава, морфологических особенностей и технологических свойств. Определены закономерности трансформации исходного сырья в процессе азотнокислотной переработки, установлен качественный и количественный состав полученных продуктов.
- Разработана и научно обоснована принципиально новая схема переработки медьсодержащего сырья, сочетающая преимущества флотационного обогащения и гидрометаллургических методов. Технология обеспечивает комплексное извлечение ценных компонентов с минимальными потерями.
- Построена математическая модель процесса азотнокислотного выщелачивания, адекватно описывающая кинетические закономерности и позволяющая прогнозировать выход целевых продуктов. На основе модели разработана оптимизированная технологическая схема для переработки труднообогатимых руд.
- Установлены механизмы образования и трансформации координационных соединений меди(II) в кислотных средах. Выявлены количественные зависимости влияния температурных условий, кислотности среды и природы лигандов на устойчивость формирующихся комплексов.
- Определены фундаментальные термодинамические характеристики процессов комплексообразования, установлены корреляции между условиями синтеза и устойчивостью получаемых соединений.

Степень изученности научной темы. диссертационная работа исследуется переработка медь-золотосодержащего концентрата месторождения Тарор и потенциометрическим методом исследуется процесс комплексообразования меди (II) с 3-метил-1,2,4-триазолтиолом в

среде 4,0-6,0 моль/л HCl, а также разработаны методики синтеза 12 новых координационных соединений меди (II) с 3-метил-1,2,4-триазолтиолом, также определены их состав, строение и свойства современными физико-химическими методами исследования.

Структура и объём диссертации. Диссертационная работа имеет логически завершённую структуру и включает введение, четыре основные главы с подробным обсуждением полученных результатов, заключение и выводы. Материал изложен на 149 страницах машинописного текста, содержит 23 таблицы и 35 иллюстраций. Библиографический список включает 125 литературных источников, отражающих полноту проведённого анализа научной литературы по теме исследования.

Можно констатировать, что оформление работы в полной мере соответствует всем предъявляемым требованиям к диссертационным исследованиям, а представленные результаты характеризуются высокой степенью достоверности и научной обоснованности.

Вводный раздел работы содержит систематизированное обоснование современной значимости изучаемой проблематики, детализированную формулировку целевых установок и конкретного перечня исследовательских задач. В данной части комплексно отражены элементы научной новизны, теоретико-методологическая ценность и практическая значимость проведённого многоаспектного исследования.

Первая глава представляет собой фундаментальный аналитический обзор современных научных достижений в рассматриваемой области. В систематизированной форме представлены: комплексная характеристика месторождения Тарор, критический анализ существующих флотационных методик, современных гидрометаллургических и азотнокислотных технологий переработки полиметаллических руд и получаемых концентратов. Особый акцент сделан на современных достижениях в области синтеза и исследования координационных соединений переходных металлов с гетероциклическими лигандами.

Вторая глава содержит подробное описание экспериментальной части работы. Приведены исчерпывающие данные по химико-минералогическому составу рудного сырья, результаты рентгеноструктурного анализа, разработанные математические модели и

оптимизированная технологическая схема переработки медно-золотосодержащих концентратов изучаемого месторождения.

Третья глава посвящена результатам комплексного исследования процессов образования координационных соединений меди(II) с применением потенциометрического метода с использованием специализированного окислительно-восстановительного электрода на основе 3-метил-1,2,4-триазолтиола. Эксперименты проведены в растворах хлористоводородной кислоты (4,0-6,0 моль/л) в широком температурном диапазоне 273-338 К. Подробно охарактеризованы синтезированные координационные соединения меди(II).

Четвёртая глава освещает применение современных физико-химических методов анализа для установления структурных характеристик и состава полученных комплексных соединений. Для определения координационных особенностей 3-метил-1,2,4-триазолтиола при взаимодействии с ионами меди(II) проведены комплексные исследования методами рентгенофазового анализа и ИК-спектроскопии.

Диссертационная работа завершается комплексными выводами, в которых систематизированы и обобщены все полученные научные результаты. Проведённое исследование полностью соответствует требованиям паспортов специальностям 05.17.01-Технология неорганических веществ и 02.00.01-Неорганическая химия (технические науки).

Теоретическая и практическая значимость исследования.

Разработан инновационный способ переработки смешанных медносодержащих руд, с научной обоснованностью режимных параметров технологического процесса, обеспечивающих максимальную степень извлечения цветных и благородных металлов из флотоконцентратов. Предложенные усовершенствованные методики синтеза координационных соединений меди (II) представляют значительный интерес для практики препаративной координационной химии и могут быть успешно применены для получения новых координационных соединений d-переходных металлов с производными тиоамидных лигандов.

Сравнительный анализ полученных результатов с литературными данными демонстрирует их полную сопоставимость и подтверждает

точность установленных экспериментальных закономерностей. Основные выводы диссертационной работы полностью соответствуют фундаментальным принципам неорганической химии. Состав и структура синтезированных соединений, стехиометрические соотношения реагентов и оптимальные условия проведения реакций, установленные в зависимости от различных физико-химических факторов, были верифицированы современными физико-химическими методами анализа.

Опубликованные результаты диссертации. По результатам исследований получены следующие научные достижения: 1 малый патент Республики Таджикистан, 6 статей в журналах, рецензируемых ВАК Республики Таджикистан, 15 тезисов докладов на научных конференциях различного уровня.

Содержание диссертации и автореферат полностью соответствует всем критериям и требованиям, изложенным в «Положении о порядке присуждения учёных степеней», утверждённом Постановлением Правительства Республики Таджикистан от 30 июня 2021 года № 267, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата технических наук.

Признавая безусловно высокий уровень проведённого исследования и достоверность представленных научных результатов, считаем необходимым отметить ряд аспектов, требующих дополнительного рассмотрения и могущих стать перспективными направлениями для дальнейших изысканий автора:

1. После азотокислотного выщелачивания в ходе цианирования золота не были исследованы процессы выщелачивания других благородных металлов. Проведение таких исследований могло бы повысить степень переработки концентратов и снизить себестоимость процессов их обработки.
2. Автору диссертации следовало бы раскрыть причины низкого содержания меди в концентрате при извлечении меди 41,6% (раздел 2.2, таблица 2 диссертации).
3. Из текста диссертационной работы не понятно, как готовился использованный в работе окислительно-восстановительный электрод и принцип его работы.

4. В работе представлены данные по изучению комплексообразования меди (II) с 3-метил-1,2,4-триазолтиолом только в среде 4 моль/л HCl. Что происходит при увеличении или уменьшении концентрации HCl?
5. Не понятно, как влияет на состав и устойчивость образующихся координационных соединений концентрация электролитного фона?
6. В тексте диссертации встречаются стилистические и грамматические ошибки.

Отдельные замечания, высказанные в ходе предварительного рассмотрения работы, носят исключительно рекомендательный характер и не влияют на общую положительную оценку исследования.

Заключения: Проведённое исследование демонстрирует органичное сочетание фундаментального изучения механизмов комплексообразования с решением прикладных задач в области переработки минерального сырья, что представляет значительный научный и практический интерес.

На основании анализа констант устойчивости были определены значения термодинамических функций для реакций образования комплексов меди (II) с 3-метил-1,2,4-триазолтиолом. Результаты исследования демонстрируют, что формирование от моно- до четырёхзамещённых комплексов сопровождается отрицательным изменением энтропии (ΔS), что объясняется автором уменьшением количества частиц в растворе в ходе реакции.

Экспериментально установлено, что энталпийный фактор (ΔH) для всех трёх типов комплексных частиц имеет отрицательные значения, что характерно для экзотермических процессов. Сделан вывод о том, что самопроизвольное протекание реакций образования моно- и трёхзамещённых комплексов обусловлено преимущественно энталпийным фактором.

В целом, диссертация 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 специальностям 05.17.01-Технология неорганических веществ и 02.00.01-

Неорганическая химия выполнена на высоком научно-методическом уровне, соответствует требованиям п. 31, 33, 34 и 35 Порядка присуждения учёных степеней, утверждённом Постановлением Правительства Республики Таджикистан от 30 июня 2021 года № 267, а его автор заслуживает присуждение учёной степени кандидата технических наук по указанным специальностям.

Официальный оппонент:

кандидат химических наук
по специальности 02.00.01-Неорганическая
химия, доцент кафедры
общей и неорганической химии
Таджикского государственного
педагогического университета
им. С. Айни



Низомов И.М.

Адрес: 734061, г. Душанбе,
р-н Фирдавси, ул. Фирдавси д. 28/2, кв. 56.

Тел: +992 907818238

E-mail: Isokhon@mail.ru

Подпись к.х.н., доцента Низомова И.М.

заверяю:

Начальник УК и СР ТГПУ имени С. Айни



Мустафозода А.

Адрес: 734003, Республика Таджикистан, г. Душанбе, пр. Рудаки 121.
Таджикский государственный педагогический университет имени
С.Айни, химический факультет.

Тел.: Телефон: +992(37) 224-13-83

E-mail: info@tgpu.tj