

ОТЗЫВ

официального оппонента о диссертационной работе Хан Зуи Линь
«Complex compounds of Ti(IV), Fe(III), Ni(II), Cu(II) and Zn(II) with several aromatic and heteroaromatic hydroxy acids and their application as precursors of nanosized oxide phases» («Комплексные соединения Ti(IV), Fe(III), Co(II), Ni(II), Cu(II) и Zn(II) с некоторыми ароматическими и гетероароматическими гидроксикислотами и их применение как прекурсоров наноразмерных оксидных фаз»),
представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.1 – Неорганическая химия.

Одним из эффективных и экономичных методов получения наночастиц на основе оксидов металлов является термическое разложение соединений–предшественников, в качестве которых, как правило, используются их гидроксиды, нитраты, карбонаты, оксалаты и различные комплексные соли. Они осаждаются из водных растворов с последующим прокаливанием, сопровождающимся образованием оксидов. При этом от выбора лиганда существенно зависит температура разложения соединений, которая, в свою очередь, определяющим образом влияет на размер частиц оксидов и их свойства, благодаря которым они могут найти применение в качестве катализаторов различных процессов, в электронике, материаловедении и др. Использование в качестве предшественников комплексов металлов с органических лигандами, несомненно, гораздо эффективнее: при разложении таких комплексов выделяется большое количество газообразных продуктов разложения, которые препятствуют слипанию оксидных частиц в крупные агломераты, а это приводит к значительному уменьшению размеров частиц и улучшению свойств их поверхности. Диссертационная работа Хан Зуи Линь на тему «Complex compounds of Ti(IV), Fe(III), Ni(II), Cu(II) and Zn(II) with several aromatic and heteroaromatic hydroxy acids and their application as precursors of nanosized oxide phases» («Комплексные соединения Ti(IV), Fe(III), Co(II), Ni(II), Cu(II) и Zn(II) с некоторыми ароматическими и гетероароматическими гидроксикислотами и их применение как прекурсоров

наноразмерных оксидных фаз») посвящена поиску новых подходов к синтезу наноразмерных оксидов металлов с использованием в качестве предшественников комплексных соединений ряда 3d-металлов с ароматическими и гетероароматическими гидроксикислотами. Поиск новых предшественников наночастиц, которые позволяют контролировать состав и морфологию получаемых объектов, а также экономически и экологически перспективных путей их выделения, несомненно, является важным направлением исследований в неорганической химии. Отсюда очевидно, что диссертационная работа Хан Зуи Линь выполнена на **актуальную** тему.

Научная новизна, практическая значимость рецензируемой диссертационной работы заключается в том, что диссертанту удалось получить 31 комплексное соединение Ti(IV), Fe(III), Co(II), Ni(II), Cu(II) и Zn(II) с восемью ароматическими и гетероароматическими α -гидроксикислотами (20 соединений ранее описаны не были), которые впервые использованы для получения оксидов и титанатов металлов. Выделенные соединения идентифицированы современными методами анализа: ИК-, РФА, РСА, ЭСП, потенциометрии, термического анализа. При этом установлено, что в зависимости от условий синтеза имеет место различная координация лигандов к центральному атому, они могут выступать как бидентатно-хелатные лиганды или играть роль внешнесферных анионов. Доказано существование нетрадиционного типа координации комплексного соединения цинка с 9,10-фенантролином и 3,5-динитросалициловой кислотой: координационное число 5, полиэдр – тетрагональная пирамида, 3,5-динитросалициловая кислота выступает в качестве противоиона. Определены молекулярные и кристаллические структуры четырех комплексных соединений меди(II) и цинка(II), трех не описанных ранее полиморфных форм органических гидроксикислот и одного сокристаллизата 3,5-динитросалициловой кислоты с 9,10-фенантролином. Установлены состав и морфологические особенности наноразмерных оксидов металлов, полученных

при термическом разложении изученных металлокомплексов. Показана возможность использования выделенных оксидов в качестве фотокатализаторов разложения органических красителей, а титанат цинка впервые применен в качестве УФ-фильтра в солнцезащитных кремах и показал лучший эффект по сравнению с традиционно используемыми оксидами ZnO и TiO₂. Методом компьютерного прогнозирования с использованием общедоступных программ показаны потенциальная биологическая активность и отсутствие токсичности для ряда синтезированных автором комплексных соединений.

Достоверность представленных результатов и обоснованность научных положений и выводов основывается на высоком методическом уровне проведения работы, согласованности экспериментальных данных, полученных с помощью различных независимых современных, взаимодополняющих друг друга физико-химических методов, а также с данными других исследователей.

Диссертация изложена на 128 страницах машинописного текста, содержит 15 таблиц, 58 рисунков и 136 библиографических источников. Структура ее традиционна: работа состоит из введения, литературного обзора, экспериментальной части, раздела с изложением основных результатов и их обсуждением, выводов и списка цитируемой литературы. Таким образом, в тексте диссертации присутствуют все необходимые разделы с исследованием процессов комплексообразования в растворах, большим синтетическим экспериментом, описанием структур полученных соединений и практической частью по использованию синтезированных соединений в качестве предшественников наноразмерных оксидов металлов и их композитных смесей, проявляющих практически полезные свойства.

Введение к диссертационной работе содержит формальные позиции, характеризующие в целом уровень представленной работы, ее научную новизну и практический результат, подчеркивают ее широкую апробацию на научных конференциях и перечень публикаций в рецензируемых научных изданиях.

Первая глава – это **литературный обзор**, в котором содержится обобщение и критический анализ имеющейся в периодической литературе научной информации по разрабатываемой теме. Он состоит из двух подразделов: в первом – подробно описаны известные данные по характеристике лигандов – α -гидроксиароматических и гетероароматических кислот, а также по комплексным соединениям переходных металлов с указанными органическими молекулами; во втором подразделе описаны основные подходы к синтезу наноразмерных оксидов металлов и областей их применения. Важно отметить, что литературный обзор завершается заключением, в котором формулируются задачи исследования, фактически его план, пути решения и достижения поставленной цели.

Вторая глава – **экспериментальная часть** – включает подразделы с подробным описанием исходных соединений, основных методов исследования и используемого оборудования, методик синтеза и анализа комплексов. Безусловно, вторая глава – это очень важный раздел, без которого невозможно оценить степень достоверности представленных результатов и обоснованность выводов.

Глава «**Обсуждение результатов**» включает подразделы, посвященные изучению процессов комплексообразования катионов переходных металлов с ароматическими и гетероароматическими гидроксикислотами, результаты которых Хан Зуи Линь использовала для оптимизации методик синтеза комплексных соединений. Здесь дано детальное грамотное описание строения

и свойств комплексов переходных металлов, выделенных в кристаллическом состоянии, охарактеризованы оксидные фазы, полученные в процессе термического разложения комплексов–предшественников, а также фотокаталитические и сорбционные свойства оксидных фаз, отражена потенциальная возможность применения изученных комплексных соединений 3d-металлов в качестве субстанций фармпрепаратов разного назначения.

В **заключении** диссертации сформулированы выводы, полученные автором в ходе выполнения научно-исследовательской работы.

Несмотря на высокую положительную оценку диссертационной работы Хан Зуи Линь, хотелось бы сформулировать дополнительно ряд вопросов и пожеланий:

1. В тексте диссертации отсутствует обоснование выбора атомов металлов – комплексообразователей, поэтому в процессе обсуждения работы на диссертационном совете хотелось бы услышать мнение диссертанта относительно влияния электронного строения атомов (т.е. их природы) на структуру и свойства выделенных комплексных соединений.
2. Стоит отметить относительно низкий выход комплексов-предшественников (в ряде случаев не более 65%). Если говорить о практической реализации результатов исследования, то имеет смысл подумать об усовершенствовании методик – это также вопрос для обсуждения.
3. Практически отсутствует обоснование режимов термического разложения синтезированных комплексных соединений.
4. В тексте диссертации встречаются незначительные стилистические погрешности, иногда встречаются неточности при написании степени окисления железа в комплексах. Кроме того, стоит отметить, что, исходя из классического определения координационных

(комплексных) соединений, следует рассматривать полученные соединения как соединения 3d – металлов с исследованными органическими реагентами (молекулами, лигандами), а не наоборот.

Замечу, что высказанные замечания не затрагивают основные положения диссертации и выводы, сделанные соискателем.

Основное содержание диссертационной работы представлено и апробировано на 4 российских и международных конференциях и опубликовано в 5 статьях в журналах, входящих в список ВАК РФ. И публикации достаточно полно отражают содержание диссертации.

Автореферат полностью соответствует диссертационной работе и представляет собой краткое изложение ее содержания.

В рецензируемой научно-квалификационной работе Хан Зуи Линь «Complex compounds of Ti(IV), Fe(III), Ni(II), Cu(II) and Zn(II) with several aromatic and heteroaromatic hydroxy acids and their application as precursors of nanosized oxide phases» («Комплексные соединения Ti(IV), Fe(III), Co(II), Ni(II), Cu(II) и Zn(II) с некоторыми ароматическими и гетероароматическими гидроксикислотами и их применение как прекурсоров наноразмерных оксидных фаз») содержится решение научной задачи по синтезу координационных соединений переходных металлов с органическими лигандами и материалами на их основе, проявляющими различные виды активности (каталитическая, биологическая и т.п.), что имеет важное значение для развития неорганической химии. Полученные в результате диссертационного исследования результаты структурных и спектральных характеристик органических лигандов и металлокомплексов войдут в соответствующие справочники, обзоры и монографии и могут быть использованы для проведения исследований в смежных областях химии.

Работа соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.1 – Неорганическая химия, согласно п. 2.2 раздела II Положения о присуждении

ученых степеней в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Российский университет дружбы народов», утвержденного ученым советом РУДН протокол № УС-1 от 22.01.2024 г., а ее автор, Хан Зуи Линь, заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.1 – Неорганическая химия.

Доктор химических наук (1.4.1. – неорганическая химия),
профессор (2.6.8. – технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов),
профессор кафедры химии и технологии редких элементов им.
К.А. Большакова, ФГБОУ «МИРЭА–Российский технологический университет»

Буслаева Татьяна Максимовна

02.06.2025 г.

119451, г. Москва, пр. Вернадского, 78

тел. +7(926)204-9827

e-mail: buslaevatm@mail.ru

Подпись Буслаевой Т.М.

заверяю:

Первый проректор РТУ МИРЭА



Прокопов Н.И.