«У Т В Е Р Ж Д А Ю»
Ректор Таджикского государственного
педагогического университета им.
С. Айни, доктор исторических наук,
профессор _____ Ибодуллозода А.И.
«25» ____11_____2026

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию **Жоробековой Майрамбу Бектемировны** по теме: «Процессы образования ацетатных гетероядерных координационных соединений железа(II), железа(III) и марганца (II)» на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальностям: 1.4.2. Неорганическая химия, 1.4.5. Физическая химия

Соответствие темы и содержания диссертации паспорту научной специальности. Область исследований соискателя соответствует паспортам научных специальностей неорганической химии и физической химии согласно следующим параграфам. 1.4.2. Неорганическая химия. Пункт 1. Определение характера взаимосвязи между составом, структурой и свойствами неорганических соединений (глава II). Пункт 2. Разработка методов изучения неорганических соединений (глава III). Пункт 3. Методы получения и изучения структуры и свойств материалов на основе неорганических соединений (глава IV). Пункт 4. Изучение химико-структурно-пространственных превращений неорганических соединений под различными воздействиями (главы III и IV). Химический состав и структура неорганических соединений (структура координационных соединений различных металлов), процессы комплексообразования и реакционная способность координационных соединений, моделирование процессов, происходящих в окружающей среде, в растениях и живых организмах с участием объектов исследований в области неорганической химии. 1.4.5. Физическая химия. Пункт 3. Теория растворов, межмолекулярные и межчастичные взаимодействия (главы II-IV). Пункт 5. Изучение законов процессов изменения структуры и состава химических систем в условиях внешнего поля, температуры и давления, комбинированных физико-физико-химических воздействий (глава III). Пункт 6. Физико-химические основы процессов химической технологии (главы III и IV).

Актуальность темы исследования. Металлы переменной валентности, особенно Fe(II), Fe(III), Mn(II) и Mn(IV), их комплексные соединения, широко интересуют исследователей. Это связано с уникальными свойствами частиц: химическими, структурными, фармакологическими и каталитическими, с чем и связано огромное количество областей их применения. Следует отметить, что большая часть координационных соединений (или даже координационных узлов с гетероионами) входят в состав витаминов и важных ферментов, которые менее токсичны, не оказывают побочных действий, являются донорами 2-3 микроэлементов и активного лиганда одновременно, стимуляторами роста и микроудобрениями. Кроме того, они могут быть использованы как катализаторы для экстремальных (высокая температура и давление) процессов. Как микродобавки к кормам животных (особенно молодняка) и птиц перспективными являются гетероядерные комплексы Mn(II), Fe(II), Fe(III) с биологически активной уксусной кислотой. В связи с изложенным, изучение формирования комплексов переходных металлов с указанными металлами и лигандом уксусной кислоты относится к приоритетному направлению современной неорганической, физической, координационной, бионеорганической химий. Они имеют большую практическую и теоретическую значимости, т.к. выявляют новые аспекты применения результатов научных изысканий.

Степень обоснованности научных положений, выводов предложений, приведенных в диссертации. Исследования наших коллег: Сафармамадзода С.М., Азизкуловой О.А., Мабаткадамзода К.С., Содатдинзода А.С., Бекназаровой Н.С. по образованию комплексов переходных металлов с окислительно-восстановительными лигандами, применение их для электрохимической полировки поверхности металлов и сплавов можно встретить в литературе довольно часто. Изучено большое количество систем в водных, неводных, водно-органических растворителях с привлечением различных современных физико-химических методов. Процессы гетеровалентного и гетероядерного комплексообразования в окислительно-восстановительных системах металлов различной природы: Fe(II), Fe(III), Mn(II) и Mn(IV) в водных растворах уксусной кислоты CH_3COOH не изучены вообще. В настоящей работе используется очень простой, точный, чувствительный и недорогой метод окислительного потенциала, предложенный для исследования процессов комплексообразования видными учеными Кларком и Никольским. Этим методом, к сожалению, пока пользуются только в Таджикском национальном университете и начали работать в Ошском государственном университете.

Научная новизна исследования и достоверность полученных результатов.

- Впервые исследованы области образования, доминирования и существования координационных соединений в системе Fe(III)-Fe(II)-Mn(II)-HAc-H_2O методом окислительного потенциала Кларка-Никольского в интервале ионной силы раствора 0,1÷1,0 моль/л ($Na(H)ClO_4$), температуре 298,2 К.

- Установлены закономерности процессов образования гетероядерных комплексов, найдены их составы, базисные и модельные параметры.

- Составлены математические и химические модели реакций образования комплексов Fe(III), Fe(II), Mn(II) в изученной системе, методом итерации экспериментальной и теоретической окислительной функций рассчитаны их константы образования.

- Выявлены впервые возможные реакции образования смешаннолигандных, гетероядерных, гидроксоацетатных комплексных соединений, формирующихся в системах, составлены их материальные балансы и освещены возможные механизмы реакций.

- Определены мольные доли (степени накопления) комплексных соединений, построены диаграммы их распределения по шкале pH, с помощью которых установлены условия их направленного синтеза с максимальным выходом конечного продукта.

- Выявлены оптимальные условия формирования гетероядерных комплексов, разработаны оптимальные условия их выделения из раствора в твердом виде.

- Впервые предложены расчеты термодинамических констант и полной статистической обработки результатов эксперимента методом оксредметрии Кларка-Никольского. Впервые проведены лабораторные испытания гетероядерного комплекса состава $[Fe^{III}Mn^{II}Ac(OH)_2]^{2+}$ на семенах пшеницы сорта «ПОЛЕТ», выявлено положительное их влияние при применении в качестве стимулятора прорастания семян при их увлажнении перед севом. При этом, длина проростков увеличивается на 77,8 %, а их вес на 52,3 %.

Научное, практическое, экономическое и социальное значения результатов диссертации.

-Исследованные области образования, доминирования и существования комплексов в изученной системе: Fe(III)-Fe(II)-Mn(II)-HAc-H_2O, установленные закономерности формирования гетероядерных комплексов, найденные их составы, базисные и модельные параметры, составленные математические и химические модели реакций образования комплексов Mn(II), Fe(III), Fe(II), их устойчивость, определенная методом итерации, уравнения реакций образования смешаннолигандных, гетероядерных комплексных соединений составленных на основе материального баланса, степени накопления комплексных соединений,

диаграммы их распределения по шкале pH, оптимальные условия формирования гетероядерных комплексов, принципы моделирования процессов образования комплексов, предложенные алгоритмы расчетов термодинамических констант и полной статистической обработки результатов экспериментов полностью дополняют теоретические основы по гетероядерным комплексам указанных выше металлов с уксусной кислотой в соответствующих разделах неорганической, физической и координационной химии, а также составит новые справочные данные по термодинамическим, физико-химическим и биологическим свойствам комплексов железа и марганца.

-Практическая ценность работы. Микроэлементы Mn(II), Fe(III), Fe(II), а также уксусная кислота являются важными биологически активными компонентами. Известно, что полученные на их основе комплексы по аддитивной схеме могут проявлять ещё более активные лечебные и физиологические свойства. Поэтому, указанные выше комплексы могут быть основой лекарственных препаратов, и применены в фармакологии, медицине, косметологии для омолаживания кожи. Кроме того, они широко могут быть использованы в аграрной промышленности как микроудобрения, в ветеринарии и птицеводстве как микробиодобавки к кормам животных и птиц. Целевой адресной доставке лекарств могут способствовать более устойчивые комплексы железа, марганца.

Кроме того, синтезированные комплексы содержат два микроэлемента и лиганд биоактивной уксусной кислоты, следовательно, могут быть основными компонентами лекарственных препаратов 3 в 1. Такие лекарственные средства более эффективные, чем обычные, побочного влияния вообще не имеют, т.к. их используют в минидозах. Стремление поднимать уровень здоровья населения всех возрастов является одним из важных решений социальных вопросов.

В работе использовано моделирование реакций образования комплексов, что совместно с современными компьютерными программами позволяет достоверно, быстро определить состав и модельные параметры комплексов. Такой принцип моделирования довольно просто можно применять в других окислительно-восстановительных системах с органическими лигандами. Найденные модельные параметры комплексов можно использовать для определения оптимальных условий их выделения из раствора, т.е. осуществления направленного их синтеза. Все рассчитанные константы могут быть использованы как готовые справочные данные специалистами химиками различного профиля. Кроме того, результаты, полученные в данной диссертационной работе, могут быть использованы при чтении разделов курсов «Неорганическая химия», «Физическая химия» и «Координационная химия», специальных курсов этого направления, а также при выполнении соискательских и выпускных работ, диссертаций.

Степень достоверности результатов исследования и их обоснованность.

- На основе критического анализа полученных экспериментальных и расчетных данных, которые являются воспроизводимыми, точными, обработанными на основе современных методов математической статистики, новейших компьютерных программ, а также соответствуют литературным источникам, наиболее надежным из известных.

- Выводы работы хорошо согласуются с выявленными экспериментальными, расчетными и теоретическими данными, закономерностями, полученными в рамках других подходов и основ неорганической, физической химий и координационной химий.

- Рекомендации составлены по экспериментальным результатам, на основе данных трех-четырехкратных испытаний и их совместного анализа с литературными сведениями.

Личный вклад автора в исследование. Автором диссертационной работы сформулированы цель и задачи исследования, за последние 50 лет проведен по теме полный анализ литературных данных. Ею лично проведены экспериментальная часть работы, обработка и интерпретация результатов. Кроме того, сформулированы общие выводы, экспериментальные данные, полученные в работе, оформлены в виде статей, материалов конференций различного уровня, патента, а также методического пособия.

Публикации научных результатов в рецензируемых журналах и их соответствие.

Соискателем, Жоробековой М.Б., по теме диссертации опубликовано 13 работ, из них 7 статей в рецензируемых журналах ВАК РТ (всего 3 статьи), РФ (всего 3 статьи, все Scopus), РКиргизстан (1 статья) ([1-А] - [7-А], патент ([8-А]), в материалах конференций (4 работы ([9-А] - [12-А]), 1 методическое пособие ([13-А]), издано в Душанбе: Сино. Содержание всех опубликованных соискателем работ освещено в диссертационной работе и в автореферате, другие материалы имеют соответствующие ссылки.

Оценка содержания диссертации и её полноты, структура и объем диссертации.

Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, выводов, списка литературы из 132 наименования, изложенных на **138** страницах компьютерного набора, включает **31** рисунок, 28 таблиц и приложение (5 стр.).

Во введении обоснован выбор темы диссертационной работы, определяются её цель и основные задачи. Выделены положения, раскрывающие научную новизну работы, её теоретическую значимость и

практическую ценность, последовательно представлены ключевые результаты и выводы, выносимые на защиту.

В первой главе диссертационной работы приведены аналитический обзор литературы и теоретические основы исследования.

Свойства и роль компонентов (**п. 1.1**): рассмотрены физико-химические свойства и биологическое значение марганца и железа как ключевых биометаллов («металлов жизни»), а также уксусной кислоты как универсального лиганда и метаболита.

Координационные соединения (**п. 1.2**): проанализированы современные литературные данные по синтезу, строению и устойчивости комплексов переходных металлов с органическими лигандами, а также выявлена недостаточная изученность гетероядерных и гетеровалентных систем с ионами железа и марганца в ацетатных средах;

в том числе: метод окислительного потенциала (**п. 1.3**), изложены фундаментальные положения и математический аппарат метода оксредметрии Кларка–Никольского (общие уравнения окислительного потенциала, частные производные для определения ядерности комплексов и состава частиц, количества молекул лиганда во внутренней координационной сфере, а также подходы к математическому моделированию равновесий в растворах).

Вторая глава диссертационной работы посвящена описанию экспериментальной части, методике проведения потенциометрических исследований и статистической обработке данных. Электрохимические датчики и реактивы (**п. 2.1**): описаны измерительная аппаратура, электроды (платиновый индикаторный, стеклянный для контроля pH и хлорсеребряный сравнения), методика поддержания постоянной ионной силы с помощью индифферентных электролитов, а также требования к чистоте и подготовке реактивов.

Методика получения зависимостей ЭДС (**п. 2.2**): представлены алгоритмы построения экспериментальных изотерм электродвижущей силы как функций от концентрационных параметров системы (pH, $pC_{Fe(III)}$, $pC_{Fe(II)}$, $pC_{Mn(II)}$, pC_{Ac}) для выявления преобладающих комплексных форм.

Определение ядерности (**п. 2.3**) и числа лигандов (п. **2.4**): с использованием метода оксредметрии Кларка–Никольского и анализа первых частных производных определена ядерность окисленных (q = 1, 2) и восстановленных (p = 1) форм металлов, а также число координированных ацетат-ионов и гидроксогрупп во внутренней сфере комплексов;

в том числе: статистическая обработка и константы (**п. 2.5**), изложены правила математической и статистической обработки результатов

эксперимента, а также итерационный расчет логарифмов констант образования комплексов, подтверждающий высокую достоверность и воспроизводимость данных.

Третья глава диссертационной работы посвящена детальному обсуждению экспериментальных результатов исследования гетероядерного комплексообразования в системе Fe(III)–Fe(II)–Mn(II)–CH_3COOH–H_2O. Для этого изучены зависимости электродвижущей силы (ЭДС) системы от pH, температуры и ионной силы раствора методом окислительного потенциала Кларка–Никольского (**п. 3.1**): при pH < 1,5-1,8 на кривых зависимостей ЭДС от pH наблюдается прямолинейный участок. Это указывает, согласно теории метода, на отсутствие комплексообразования. При дальнейшем повышении pH потенциал системы уменьшается, что свидетельствует об участии в процессе комплексообразования Fe(III), а затем и восстановленной формы Fe(II). В присутствии ионов Mn(II) кривая ЭДС–pH смещается в область более низких значений pH, что подтверждает усиление процессов комплексообразования и возможное включение марганца в состав смешанных гетероядерных соединений. Сам Mn(II) в данных условиях устойчивых комплексов не образует.

Были исследованы зависимости ЭДС системы от ионной силы раствора. Ионная сила раствора существенно влияет на положение кривых (**п. 3.2**): сохраняя при этом общий характер наклона, что свидетельствует о том, что состав образующихся комплексных частиц не изменяется, хотя силы элкктростатического влияния базисных частиц уже другие. Видимо изменение не настолько велико, чтобы содействовать образованию комплексных частиц нового состава.

Для определения стехиометрического состава и ядерности образующихся гетероядерных комплексов (**п. 3.3**): показателей концентраций компонентов $pC_{Fe(III)}$, $pC_{Fe(II)}$, $pC_{Mn(II)}$ и pC_{HAc}, при pH = 2,0 наклон кривой равен нулю, что подтверждает отсутствие комплексообразования в этой среде. При значениях pH от 5,5 до 9,0 наклоны кривых составляют ν (≈59 мВ), что указывает на вхождение в состав образующихся комплексов одного атома железа(III), образуются моноядерные комплексы. При pH> 10,0 начинается гидролиз Fe(III) с выпадением осадка. Комплексообразование с участием ионов Fe(II) имеет место в интервале pH 4,5-9,6. Наклон кривых имеет значение ν, что свидетельствует о присутствии одного атома железа(II) во внутренней координационной сфере комплекса. В интервале pH = 5,5-9,0 фиксируются наклоны, равные ν. Это доказывает непосредственное включение одного иона марганца Mn(II) в состав гетероядерного координационного соединения. Вне этого интервала pH марганец

комплексов не образует, т.к. наклон равен нулю. Анализ наклонов кривых в зависимости от концентрации уксусной кислоты выявил, что при pH ≈5,0 наклон равен ν (координируется один ацетат-ион), с изменением условий наклон возрастает до 2 ν (присоединяются два лиганда). В слабощекачной среде при pH = 9,0 наклон вновь равен ν (один лиганд во внутренней сфере).

На основе найденных наклонов экспериментальных зависимостей ЭДС построена стехиометрическая матрица равновесий и разработана химическая модель исследуемой системы (**п. 3.4**): она учитывает материальный баланс базисных частиц (g, p, b, s, l, k) и отражает формирование 7 координационных соединений. Моноядерных ацетатных и гидроксоацетатных комплексов железа(III) - $[Fe^{III}Ac(H_2O)_5]^{2+}$; $[Fe^{III}AcOH(H_2O)_4]^{+}$, гетероядерных комплексов железа и марганца - $[Fe^{III}Mn^{II}Ac(H_2O)_{11}]^{4+}$ и $[Fe^{III}Mn^{II}Ac(OH)_2(H_2O)_9]^{2+}$;

В том числе: комплексов железа(II) - $[Fe^{II}Ac(H_2O)_5]^{+}$, $[Fe^{II}(Ac)_2(H_2O)_4]^{0}$ и $[Fe^{II}(Ac)(OH)_2(H_2O)_3]^{-}$. Ионы Mn(II) непосредственно участвуют в образовании гетероядерных частиц с железом(III), в то время как самостоятельных устойчивых комплексов с железом(II) в данных условиях не образуют.

Для количественной оценки параметров комплексообразования применен метод последовательного приближения (итерации) экспериментальной ($f^{\theta}_{Э}$) и теоретической ($f_T{}^0$) окислительных функций от pH (**п. 3.5):** при максимальном приближении которых за 8–10 попыток можно определить достоверные значения констант устойчивости комплексов. Установлено, что с ростом ионной силы раствора (I = 0,10÷1,00 моль/л) значения констант образования всех выявленных комплексных соединений закономерно уменьшаются. Это обусловлено изменением степени сольватации частиц и усилением электростатических взаимодействий в растворе. На основании рассчитанных констант образования комплексов, а также равновесных концентраций свободных и координированных форм железа и марганца были определены степени накопления отдельных комплексных частиц. На основании выполненных расчётов были построены диаграммы распределения, показывающие изменение молярных долей отдельных комплексных форм в зависимости от значения pH среды. Эти диаграммы позволили оценить области существования и доминирования всех формирующихся комплексов исследуемой системы. Кроме того, определены численные значения термодинамических констант устойчивости комплексов. Они найдены экстраполяцией кривых зависимости констант образования комплексов от ионной силы раствора на ноль. Она содержит область

доминирования комплексов по шкале pH, максимальную степень накопления при численных значениях pH. Эти характеристики считаются базисными параметрами комплексных частиц. Установлено, что в этой системе максимальная степень накопления комплексных форм возрастает от первого соединения к третьему и изменяется в пределах 52–100 %. Для второго комплекса данный показатель составляет около 65 %, что указывает на его промежуточное положение по устойчивости и доминированию среди координационных соединений железа(II). Полученные численные значения термодинамической константы образования комплексов (β^0_{qpbslk}) будут включены в базу справочных данных по термодинамическим константам для использования специалистами для необходимых расчетов;

в том числе: установлены зависимости констант устойчивости всех комплексов от ионной силы раствора при пяти её значениях: 0,10; 0,25; 0,50; 0,75 и 1,00 моль/л. Выведены их математические выражения, определены коэффициенты уравнений, а также найдена достоверность полученных данных, которая составляет от 95,11 до 98,78 %. Выведенные уравнения позволяют описывать изменение устойчивости комплексов в других условиях экспериментальной среды.

В четвертой главе диссертационной работы приведены данные по синтезу гетероядерного координационного соединения и практической оценке его эффективности в качестве стимулятора роста в зерноводстве (**п. 4.1**): для синтеза комплекса, содержащего ионы Fe(III) и Mn(II) в качестве исходных реагентов использовали уксусную кислоту (1); сульфаты марганца и железа ($MnSO_4$ (2); $FeSO_4$ (3) а также $Fe_2(SO_4)_3$ (4). Разбавленные растворы готовили на бидистиллированной воде с многократной фильтрацией. При непрерывном перемешивании в течение 15–20 минут смешивали растворы солей металлов, после чего полученную смесь медленно добавляли в готовый раствор уксусной кислоты. Все операции проводились в атмосфере инертного газа (аргона или азота) для предотвращения окисления Fe(II).

После завершения смешивания реакционную смесь многократно фильтровали, переносили в фарфоровую чашку, контролировали значения pH 3-4 раза, выпаривали при температуре 28–30 ^{0}C. При уменьшении объема раствора и появлении на поверхности характерной пленки чашку переносили в прохладное место до появления первых кристаллов. Процесс кристаллизации занимал от 4 до 5 недель времени.

Качественный и количественный анализ на ионы Fe(III). Наличие железа(III) (**п. 4.2**): в растворе комплекса установлено реакцией с гексацианоферратом калия. Количество определялось гравиметрическим методом, путем осаждения в форме $Fe(OH)_3$. Теоретическое содержание Fe(III) соста-

вило 18,66 %, практический выход - 36,82 %. Качественный и количественный анализ ионов Mn(II). Присутствие марганца доказано с помощью 10 % раствора нитрата серебра и персульфата аммония. Появляется розовое или красно-фиолетовое окрашивание исследуемого раствора. Содержание Mn(II) составило 17,72 % при расчётном значении 18,33 %;

Выполнены элементный анализ синтезированного комплекса, определение массовых долей углерода, водорода, кислорода и серы методом ИК-Фурье-спектроскопии на спектрометре ***IRAffinity-1*** (Shimadzu Corporation, Япония). Сопоставление экспериментальных данных с расчетными значениями свидетельствует об их хорошем соответствии. Установлен состав выделенного соединения: $[Fe^{III}Mn^{II}Ac(OH)_2]^{2+}\cdot SO_4$. Наличие в структуре различных ионов металлов подтверждает принадлежность полученного вещества к гетероядерным координационным соединениям.

Экспериментальная оценка свойств ацетатного гетероядерного комплекса Fe(III); Mn(II) как средства для предпосевного замачивания семян пшеницы сорта «ПОЛЕТ» **(п. 4.3):** получены и представлены опытные данные по влиянию гетероядерного комплекса $[Fe^{III}Mn^{II}Ac(OH)_2]^{2+}\cdot SO_4$ на посевные качества семян и морфометрические показатели проростков пшеницы испытанного сорта. Оценка всхожести семян проведена на третьи сутки после закладки опыта. В оптимальном варианте (семена пшеницы замочены в 0,05 % растворе), прирост всхожести составил 22,44 % по сравнению с контролем и прототипом ($FeCl_3$). Такая обработка семян оказывает выраженное ростостимулирующее действие на корневую систему проростков на 50 %;

в том числе: установлено синергетическое действие биогенных металлов железа и марганца совместно с ацетат-лигандом, в результате чего активизируются ферментативные и обменные процессы на ранних этапах онтогенеза.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Впервые исследованы области образования, доминирования и существования координационных соединений в системе Fe(III)-Fe(II)-Mn(II)-HAc-H_2O методом окислительного потенциала Кларка-Никольского при пяти ионных силах рабочих растворов в интервале 0,1÷1,0 моль/л ($Na(H)ClO_4$), температуре 298,2 К. Установлены закономерности процессов образования гетероядерных комплексов, найдены составы, базисные и модельные их параметры.

2. Составлены математические и химические модели реакций образования комплексов Fe(III), Fe(II) и Mn(II), методом итерации экспериментальной и теоретической окислительной функций рассчитаны их константы образования при

пяти ионных силах рабочих растворов, выведены математические уравнения этих зависимостей и определена достоверность проведенных расчетов.

3. Впервые выявлены возможные механизмы реакций образования гетероядерных, гидроксоацетатных и чисто ацетатных комплексных соединений, составлены их материальные балансы. Определены степени накопления, построены диаграммы их распределения по шкале pH, установлены условия их направленного синтеза с максимальным выходом конечного продукта.

4. Выявлены оптимальные условия формирования гетероядерных комплексов, они выделены из раствора в твердом виде, установлен их химический состав и процентное содержание элементов. Впервые осуществлены расчеты 135 термодинамических констант устойчивости (β^0_{qpbslk}) и полной статистической обработки результатов эксперимента методом оксредметрии.

5. Впервые проведены лабораторные испытания гетероядерного комплекса состава $[Fe^{III}Mn^{II}Ac(OH)_2]^{2+}\cdot SO_4$ на семенах пшеницы сорта «ПОЛЕТ», выявлено положительное их влияние при применении в качестве стимулятора прорастания семян при их увлажнении перед севом, в результате которого длина проростков увеличивается свыше 75 %, а их вес более, чем на 50 %.

На основе экспериментальных данных, теоретических расчётов термодинамических и базисных параметров, полученных в диссертационной работе, а также результатов биологических испытаний синтезированного гетероядерного координационного соединения $\mathbf{[Fe^{III}Mn^{II}Ac(OH)_2]^{2+}\cdot SO_4}$, выявлены следующие ключевые направления её практического использования.

1. Применение в качестве стимуляторов роста и микроудобрений в аграрной промышленности и растениеводстве. Результаты лабораторных испытаний на семенах пшеницы сорта «Полёт» доказали высокую росторегулирующую активность синтезированного гетероядерного комплекса. Предпосевное увлажнение семян гетероядерным координационным соединением $[Fe^{III}Mn^{II}Ac(OH)_2]^{2+}\cdot SO_4$ приводит к значительному улучшению посевных качеств и развитию растений. Отмечено по сравнению с контролем увеличение длины проростков на 77,8 %; повышение зелёной массы проростков на 52,3 %.

2. Разработка комплексных полимикроудобрений. Внедрение гетероядерного соединения во все области сельского хозяйства позволит восполнить дефицит эссенциальных биометаллов (железа и марганца) в почве, активизировать ферментативные системы растений, усилить процессы фотосинтеза и повысить устойчивость культур к неблагоприятным факторам внешней среды.

3. Создание биологически активных микрокормовых добавок для животноводства и птицеводства. Поскольку железо и марганец являются важнейшими микроэлементами («металлами жизни»), участвующими в кроветворении, тканевом дыхании и обменных процессах, разработанные гетероядерные ацетатные комплексы могут использоваться в качестве безопасных и легкоусвояемых добавок в рационе сельскохозяйственных животных и птиц для повышения их продуктивности, и иммунитета, а также роста молодняка.

4. Перспективная, эффективная основа для лекарственных препаратов медицины, фармакологии и биотехнологии. Установленные в работе константы устойчивости, области доминирования комплексов по шкале pH и механизмы комплексообразования в многокомпонентных биологически релевантных системах служат базой для создания новых фармакологических средств направленного действия.

5. **Биомиметические модели и средства адресной доставки.** Гетероядерные гетеровалентные комплексы железа и марганца могут применяться в качестве синтетических моделей активных центров металлоферментов, в качестве компонентов для систем целевой доставки лекарственных веществ и диагностических контрастирующих агентов.

6. Методология компьютерного и физико-химического моделирования. Разработанные автором алгоритмы расчётов с использованием метода окислительного потенциала Кларка–Никольского, математические и химические модели материального баланса систем и диаграмм распределения комплексных форм могут непосредственно применяться научно-исследовательскими институтами для изучения других сложных окислительно-восстановительных систем.

7. Учебный процесс. Материалы диссертации, включая полученные константы устойчивости, базисные и термодинамические параметры, внедрены и успешно используются в учебном процессе при чтении лекций и специальных курсов по неорганической, физической, координационной и бионеорганической химий в высших учебных заведениях, в том числе Таджикском национальном университете и Ошском государственном университете, а также при выполнении выпускных, дипломных и кандидатских, докторских работ.

Оформление настоящей диссертации Жоробековой М.Б. полностью соответствует действующим требования ВАК при Президенте РТ от 28 августа 2026 г. за № 591.

Научная квалификация соискателя 1.4.2. Неорганическая химия и 1.4.5. Физическая химия соответствует искомой ученой степени.

Автореферат диссертации Жеробековой М.Б. на тему «Процессы образования ацетатных гетероядерных координационных соединений железа(II), железа(III) и марганца (II)».

Общие замечания и вопросы по диссертационной работе. В целом диссертация заслуживает высокой оценки. Однако она не лишена недостатков, к числу которых относятся следующие вопросы и замечания:

1. Для чего и на основе каких параметров системы Fe(II)-Fe(III)-Mn(II)-CH_3COOH-H_2O (дис. стр. 81-82) Вами составлены математическая и химическая модели равновесий?
2. Какие показатели исследованных равновесий использованы Вами для гарантии правильности установленных механизмов реакции формирования координационных соединений изученной системы (дис. стр. 83-87)?
3. Какие преимущества дает окислительная функции ($f^0_Э$) и ($f^0_Т$) в методе интерации определения устойчивости комплексов, формирующихся в окислительно-востоновительных системах, почему Вы используете из имеющихся методов именно это функцию (дис. стр. 88-90)?
4. Для разработки оптимальных условий выделена комплексов из раствора в твердом виде исследованные pH начала их образования он ионной силы раствора (дис. стр. 94 и 95), почему?
5. Сегодня, современные биотехнологии, корневая и внекорневая обработка семян пшеницы комплексными соединениями переходных элементов наиболее перспективны. Гетероядерных ацетатный комплекс железа и марганца $[Fe^{III}\ Mn^{II}\ Ac(OH)_2]SO_4$ использован Вами для предпосевной замочки семян пшеницы сорта «ПОЛЕТ», длина проростков увеличилась на 75%, а их вес более чем на 50%. По Вашему мнению, с чем связана такая высокая биологическая активность комплекса?

Приведенные выше вопросы и замечания не снижают важность и ценность полученных результатов и общую положительную оценку диссертационной работы, которая выполнена на высоком научном уровне.

Общее заключение. Диссертация Жоробековой Майрамбу Бектемировны по теме «Процессы образования ацетатных гетероядерных координационных соединений железа(II), железа(III) и марганца (II)» на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальностям 1.4.2. Неорганическая химия, 1.4.5. Физическая химия выполнена на требуемом научном уровне и по содержанию соответствует существующим требованиям.

Диссертация соответствует требованиям Высшей аттестационной комиссии при Президенте Республики Таджикистан, а её автор достойна присуждения ей ученой степени кандидата химических наук по специальностям 1.4.2. Неорганическая химия и 1.4.5. Физическая химия.

Отзыв ведущей организации подготовлен и представлен в соответствии с пунктами 74 и 76 Порядками присуждении учёных степеней утверждённый постановлением Правительства РТ от 28 августа 2026 года №591.

Отзыв подготовлен доктор филофии (PhD) по специальности химии, и.о. дотцентом кафедры общей и неорганической химии Таджикского государственного педагогического университета имени С. Айни Махмадова Хафизулло Рахматуллоевича.

Отзыв обсуждён и утверждён на заседании кафедры общая и неорганическая химия (протокол 4 от «23» ноября 2026 года).

На заседании кафедры присутствовало: 16 человек.

Результаты голосования: за 16 человек, против нет, воздержавшиеся нет.

Председатель расширенного заседания кафедры «Общая и неорганическая химия» Таджикского государственного педагогического университета им. С. Айни, к.х.н., доцент Низомов И.М.

Эксперт: Доктор философии (PhD) по Специальности химии, и.о. доцент кафедры «Общая и неорганическая химия» Таджикского государственного педагогического университета им. С.Айни Махмадов Х.Р.

Секретарь заседания, Доктор философии (PhD) по Специальности химии, и.о. доцент кафедры «Общая и неорганическая химия» Таджикского государственного педагогического университета им. С.Айни Олимджонзода Н.

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

E-mail: info@tgpu.tj Тел: +992 (37) 224-13-83;
E-mail: isokhon@mail.ru Тел: +992-877-07-07-45.

Подписи Председатель расширенного заседания кафедрой «Общая и неорганическая химия» Таджикского государственного педагогического университета им. С. Айни, к.х.н., доцента Низомова Исохон Мусоевича, эксперт (PhD) по специальности химии, и.о. доцента Махамадова Хафизулло Рахматуллоевича, и (PhD) по специальности химии, и.о. доцент этой же кафедры Олимджонзода Нилуфар Ваххоб

заверяю:

Начальник управления кадров и специальных работ Таджикского государственного педагогического университета им. С. Айни Кодирзода С.

23.11.2026