

ОТЗЫВ официального оппонента

на диссертационную работу Папежук Марины Владимировны «Синтез, строение и свойства модифицированных гидроксиапатитов и композитных материалов на их основе», представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.1. Неорганическая химия.

Актуальность работы. Диссертационная работа Папежук Марины Владимировны «Синтез, строение и свойства модифицированных гидроксиапатитов и композитных материалов на их основе», представляемая на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.1. «Неорганическая химия», посвящена актуальной и значимой теме, связанной с синтезом и исследованием модифицированных гидроксиапатитов (ГА) и композитных материалов на их основе. В работе проведен синтез композитных волокнистых материалов, в которые интегрированы гидроксиапатиты, модифицированные ионами Zn^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{3+} и биологически активное комплексное соединение Cu^{2+} , а также изучено взаимодействие между компонентами, их влияние на структуру и свойства получаемых композитов.

Гидроксиапатиты, как известно, играют ключевую роль в биомедицине, особенно в области восстановления костной ткани, что делает данное исследование особенно значимым. В настоящее время актуальна разработка полимерных композитов на основе гидроксиапатита, которые будут максимально имитировать естественный композит ГА-коллаген. В связи с этим, диссертационная работа посвящена волокнистым композитным материалам на основе гидроксиапатита и его ион-замещенных форм, включая замещения ионами Cu^{2+} , Zn^{2+} и Fe^{3+} .

Работа Папежук М.В. выполнялась при поддержке Министерства науки и образования РФ (проект государственного задания FZEN-2023-0006).

Научная новизна работы Папезжук М.В. заключается в разработке метода получения наноразмерного гидроксиапатита с использованием золь-гель технологии на основе лактата кальция и оксиэтилидендифосфоновой кислоты, которые ранее не применялись для этой цели. Также автором получено комплексное соединение 2-(β-циклодекстринсульфанил)пиридин-3-карбоновой кислоты с Cu^{2+} , обладающее антибактериальными свойствами, использованное для создания композитного материала с гидроксиапатитом. Методом электроформования были получены новые композитные волокна на основе различных сочетаний гидроксиапатитов и полимеров, что позволило получить новые данные об их структуре и смачиваемости.

Теоретическая значимость работы заключается в разработке методов получения волокнистых композитных материалов с гидроксиапатитом и его производными, а также в расширении знаний о синтезе наноразмерных гидроксиапатитов и их свойствах. Исследование углубляет понимание биоминерализации, показывая, как синтетический гидроксиапатит может имитировать естественные процессы, что важно для создания биомиметических материалов. Выявленные закономерности могут быть применены к различным биокерамическим материалам.

Практическая значимость. Результаты диссертации используются ООО «Бонака» для разработки композитных материалов с антибактериальными свойствами (подробности в Приложении А). Также результаты интегрированы в образовательный процесс на кафедре общей, неорганической химии ФГБОУ ВО «КубГУ» в рамках практических занятий по ИК- и КР-спектроскопии.

Диссертация состоит из 161 страницы машинописного текста и включает в себя обширный объем информации, структурированного в логические разделы. Она содержит 60 рисунков и 25 таблиц, что свидетельствует о глубоком визуальном и количественном анализе данных.

Также в работе представлено 275 литературных источников, что подчеркивает основательность и актуальность проведенного исследования.

Таким образом, содержание диссертации является комплексным и структурированным, что позволяет читателю глубже понять тему исследования и оценить его вклад в науку.

Литературный обзор в диссертационной работе Папезук Марины Владимировны выполнен на высоком уровне и охватывает основные методы синтеза гидроксиапатитов. В данном разделе автор тщательно проанализировала существующие научные публикации, что позволяет выявить ключевые тенденции и достижения в области синтеза этих важнейших биоматериалов. Обзор включает как традиционные, так и современные методы синтеза, что демонстрирует глубокое понимание предметной области и актуальных исследований. Автор не только описывает каждый из методов, но и обсуждает их преимущества и недостатки, что свидетельствует о критическом подходе к анализу имеющихся данных.

Такой подход не только подтверждает способность Папезук М.В. к проведению самостоятельных исследований, но и подчеркивает её стремление к практическому применению полученных результатов в реальных условиях.

Вторая и третья главы диссертации сосредоточены на детальном описании экспериментальной части проведенных исследований, в которых рассматриваются методы синтеза, характеристики и анализ модифицированных гидроксиапатитов.

Эмпирическая часть диссертационной работы Папезук Марины Владимировны включает в себя разнообразные методы анализа, такие как рентгенофазовый анализ и сканирующая электронная микроскопия. Эти методы позволяют получить целостное представление о структуре и свойствах синтезированных гидроксиапатитов, обеспечивая высокую степень

достоверности результатов. Особое внимание в работе уделяется исследованию свойств модифицированных гидроксиапатитов. Автор тщательно анализирует физико-химические характеристики этих материалов, что позволяет выявить их уникальные свойства и потенциал для применения в медицине, включая использование в качестве биоматериалов для восстановления костной ткани и в стоматологии. Диссертация демонстрирует глубокое понимание предмета исследования, а также умение автора применять теоретические знания на практике. Результаты проведенных исследований подчеркивают актуальность и востребованность работы, открывая новые перспективы для дальнейших исследований и практического применения модифицированных гидроксиапатитов в клинической практике. Таким образом, эмпирическая часть работы не только подтверждает научные выводы, но и служит основой для будущих разработок.

В третьей главе диссертации было установлено, что добавление поливинилового спирта (ПВС) в процесс синтеза гидроксиапатита не оказывает влияния на его фазовый состав. Однако, в случае использования поливинилпирролидона (ПВП) наблюдается образование двухфазного порошка, содержащего высокотемпературные фосфаты кальция. Ион-замещенные гидроксиапатиты, содержащие ионы меди (Cu^{2+}), цинка (Zn^{2+}) и железа (Fe^{3+}), были охарактеризованы с использованием рентгенофазового анализа (РФА). Замещение кальциевых ионов происходит в различных позициях кристаллической решетки, что влияет на свойства полученных материалов. Также было установлено, что скорость растворения ион-замещенных гидроксиапатитов в физиологическом растворе превышает таковую у незамещенного гидроксиапатита, особенно заметно это у образцов, содержащих железо. Все образцы гидроксиапатита продемонстрировали способность к образованию кальций-фосфатного слоя на своей поверхности. В ходе исследования была определена бидентатная координация иона меди в комплексном соединении $\text{Cu(II)-2-(}\beta\text{-}$

циклодекстрин-сульфанил)пиридин-3-карбоксилате, который использовался в качестве антибактериального агента. Результаты тестирования антибактериальной активности показали, что немодифицированный гидроксиапатит не обладает значительной эффективностью, тогда как ион-замещенные гидроксиапатиты проявляют лишь слабую активность против микроорганизмов. В то же время, комплексное соединение $\text{Cu(II)-2-(}\beta\text{-циклодекстрин-сульфанил)пиридин-3-карбоксилат}$ продемонстрировало значительно более высокую эффективность в борьбе с различными патогенными микроорганизмами. Кроме того, с помощью метода электроформования были получены волокна из ПВП и ПВС с добавлением гидроксиапатита и комплексного соединения. Эти волокна обладают гладкой поверхностью и гидрофильными свойствами, что открывает новые перспективы для их применения в области биоматериалов. Результаты показывают высокий потенциал модифицированных гидроксиапатитов для применения в медицине, включая использование в качестве биоматериалов для восстановления костной ткани и в стоматологии. Таким образом, диссертация не только демонстрирует глубокое понимание предмета исследования, но и показывает умение автора применять теоретические знания на практике, что является важным вкладом в развитие области материаловедения. Результаты работы подчеркивают актуальность проведенного исследования и его значимость для будущих разработок в области неорганической химии.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и заключений соискателя, сформулированных в диссертации.

Обоснование результатов, полученных соискателем, основано на согласованности экспериментальных данных с теоретическими. Полученные результаты согласуются с данными литературы. Достоверность исследования достигается благодаря применению комплекса современных методов, включая рентгенофазовый анализ, термический анализ, ИК-спектроскопию, а

также сканирующую электронную микроскопию и энергодисперсионный микроанализ.

Аннотация диссертации и опубликованные работы в полной мере отражают основное содержание проведенного исследования. В частности, результаты диссертационного исследования были представлены в 22 научных публикациях, что подчеркивает значимость и актуальность проведенной работы. Среди этих публикаций выделяются 5 статей, которые были опубликованы в журналах, рекомендованных ВАК РФ, а также индексируемых в международных базах данных Web of Science и Scopus. Это свидетельствует о высоком уровне качества и научной значимости представленных материалов, а также об их признании научным сообществом. Кроме того, результаты исследования были представлены на различных научных конференциях, что также подтверждает активное участие автора в научной жизни. В тезисах 17 докладов, представленных на этих конференциях, были освещены ключевые аспекты работы. Таким образом, публикационная активность автора и разнообразие представленных работ свидетельствуют о глубоком исследовательском подходе и значительном вкладе в развитие науки в области синтеза и характеристики гидроксиапатитов.

Диссертационная работа Папезук М.В. аккуратно оформлена по рекомендованным правилам, представляет собой результаты исследований, выполненных лично автором или при его непосредственном участии.

Однако, по рецензируемой работе имеется несколько замечаний:

1. В работе наблюдается отсутствие единообразия в оформлении инфракрасных спектров. В некоторых случаях оси графиков подписаны на русском языке, тогда как в других — на английском. Это может вызвать затруднения у читателей, поскольку несоответствие языков может отвлекать от содержания. Рекомендуется привести все подписи к единому стандарту, чтобы улучшить читабельность и восприятие представленных данных.

2. Рекомендовал бы использовать одинаковый масштаб представления рисунков в Таблице 26. Рекомендую стандартизировать масштаб представления рисунков, чтобы обеспечить более четкое визуальное представление информации.

3. В работе не совсем ясно, почему исследование в растворе симулированной биологической жидкости (SBF) проводится в течение 28 дней. Данная временная рамка может быть связана с определенными биохимическими процессами, которые происходят в организме, однако это требует дополнительного объяснения. Рекомендуется уточнить, на каких научных основаниях основан выбор именно этого периода.

4. В работе не раскрыто, на каких основаниях был сделан выбор полимеров для получения волокон методом электроформования. Полимеры могут значительно влиять на свойства получаемых волокон, такие как механическая прочность, биосовместимость и другие характеристики. С чем связан выбор полимеров для получения волокон методом электроформования?

5. Стил изложения в разделе «Заклучения» скорее подходит на выводы к работе.

6. В работе есть ряд опечаток и орфографических ошибок.

Указанные замечания не затрагивают основных выводов и итогов работы и несут рекомендательный характер.

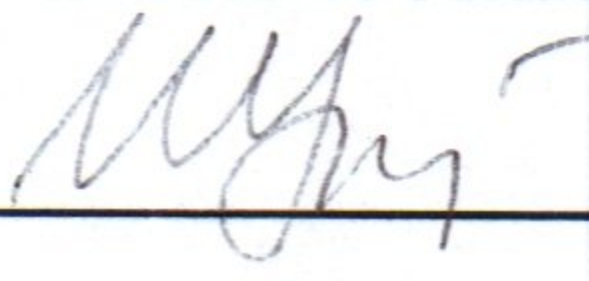
Диссертационная работа Папезук М.В. соответствует паспорту специальности 1.4.1. Неорганическая химия по пунктам 1, 5, 8.

В заключение, диссертационная работа Папезук Марины Владимировны является качественным и актуальным исследованием, отличается четкой структурой, логическим изложением материала и научной новизной. Объем проведенных исследований и их значимость, а также уровень опубликованных материалов соответствуют требованиям, установленным «Положением о порядке присуждения ученых степеней»,

утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Папезук Марина Владимировна, заслуживает присуждения ей учёной степени кандидата химических наук по специальности 1.4.1. Неорганическая химия.

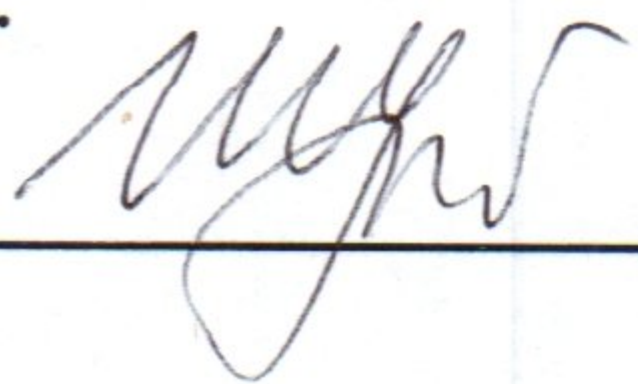
Официальный оппонент:

профессор федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южный федеральный университет»
доктор химических наук (02.00.04 Физическая химия)


Уфлянд Игорь Ефимович
«15» мая 2025 г.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет» Почтовый адрес: 344006 г. Ростов-на-Дону, ул. Б. Садовая, 105/42
Рабочий телефон +7(863) 218-40-00 доб. 11579;
Электронный адрес: ieuflyand@sfedu.ru

Я, Уфлянд Игорь Ефимович, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.


Уфлянд Игорь Ефимович

