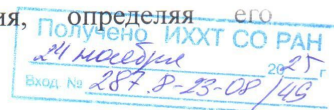


ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Павликова Александра Юрьевича «Применение анионообменного осаждения для получения наночастиц оксида меди (II), медно-кобальтовых феррошпинелей и гибридных золотосодержащих наноструктур на их основе» представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 2.6.7. Технология неорганических веществ

Одной из ключевых задач современной химии и материаловедения является развитие простых и эффективных методов получения функциональных наноматериалов, поэтому диссертационная работа А.Ю. Павликова, в которой предложен перспективный и легко масштабируемый метод синтеза наноразмерных оксидов меди (II) и медно-кобальтовых феррошпинелей ($\text{Co}_x\text{Cu}_{1-x}\text{Fe}_2\text{O}_4$), а также их гибридных структур с золотом (CuO/Au , $\text{CuFe}_2\text{O}_4/\text{Au}$), представляется очень актуальной. Широкому практическому применению этих перспективных материалов зачастую препятствуют недостатки традиционных методов их получения: высокие энергозатраты, длительность и многостадийность процесса, сложность контроля размера и морфологии частиц и др. В этом контексте предлагаемый в диссертации метод анионообменного осаждения, совмещающий в одном реакционном пространстве химическую реакцию и массообменный процесс, представляется эффективным решением, позволяющим в мягких условиях получать с близким к 100 % выходом высокочистые и седиментационно-устойчивые наноматериалы с заданными свойствами. Таким образом, данное исследование обладает несомненной фундаментальной ценностью и значительной практической значимостью.

Содержание работы изложено на 146 страницах, включая 46 рисунков, 15 таблиц. Диссертационная работа включает введение, три главы, заключение, обширный библиографический список (277 наименований) и приложения. Введение задает рамки исследования, определяя его



актуальность, цель и задачи. Первая глава содержит аналитический обзор, обосновывающий постановку исследовательских задач. Вторая глава детализирует методическую базу работы. Наиболее объемная третья глава представляет собой систематическое экспериментальное исследование, которое охватывает аспекты анионообменного осаждения (равновесие, кинетика, влияние параметров), синтез и модификацию функциональных наноматериалов, изучение свойств полученных материалов, включая фотокаталитическую активность в реакции деградации индигокармина, а также разработку метода получения гибридных наночастиц $\text{CuFe}_2\text{O}_4/\text{Au}$ и CuO/Au . В качестве заключения представлены выводы по работе.

По материалам диссертации опубликовано 14 статей, с том числе 5 в журналах из перечня ВАК, WoS, Scopus. Работа написана хорошим научным языком, аккуратно оформлена, её характеризует большой объем проведенных экспериментов, выполненных с привлечением большого арсенала современных физических методов. Результаты широко представлены на конференциях соответствующей тематике, включая всероссийские и международные мероприятия, получен патент РФ.

Научная новизна диссертационной работы Павликова А.Ю. заключается в следующем:

- впервые проведены фундаментальные исследования процесса анионообменного осаждения меди (II), показавшие, что даже в мягких условиях процесс сопровождается полной дегидратацией с образованием кристаллического CuO ;

- систематически исследовано влияние молекулярной массы и природы полисахаридов на размер образующихся наночастиц CuFe_2O_4 , а также установлена возможность управляемого ингибирования процесса дегидратации путём введения полисахаридов (декстрана-40), что позволяет получать различные монофазные продукты;

- показано, что введение ионов кобальта (Co^{2+}) значительно снижает температуру синтеза феррошпинели и стабилизирует её высокотемпературную модификацию;

- разработан новый метод получения гибридных нанокомпозитов $\text{CuFe}_2\text{O}_4/\text{Au}$ и CuO/Au с использованием серосодержащих аминокислот.

Практическая значимость работы подтверждается:

- разработкой высокоэффективного метода синтеза наночастиц оксидов и феррошпинелей, защищённого патентом RU 2699891 C1, который обеспечивает выход продукта $>96\%$ при снижении температуры синтеза на $200\text{--}300\text{ }^\circ\text{C}$;

- созданием методики получения стабильных гидрозолей наночастиц оксида меди(II)

- демонстрацией высокой фотокаталитической активности синтезированных магнитных наночастиц в процессах деградации красителей.

При этом к представленному в диссертационной работе материалу имеется ряд вопросов и замечаний:

1. Чем был обусловлен выбор анионита АВ-17-8 в ОН-форме в качестве осадителя? Проводилось ли исследование других ионообменных смол? Каковы его преимущества по сравнению с другими ионообменными смолами.
2. В работе указано, что получены стабильные гидрозоли CuO с концентрацией ~ 5 г/л, сохраняющие свои свойства более 3 месяцев. Какими методами и параметрами контролировалась стабильность этих золей? Что конкретно понималось под "стабильностью" в данном контексте?
3. В разделе 3.4.3.3 (стр. 75) сделан вывод, что основной причиной стабилизации кубической модификации $\text{s-CuFe}_2\text{O}_4$ при комнатной температуре является не размерный эффект, а режим охлаждения и отклонение содержания железа в образце от стехиометрии феррита.

Можно ли объяснить полученный результат иначе? Проводились ли подобные исследования?

4. В разделе 3.6.4 отмечается важный вклад относительной устойчивости частиц $\bullet\text{ОН}$, $\text{O}_2\bullet^-$ и др. в эффективность процесса фоторазложения индигокармина. Как известно, вклад свободных радикалов можно подтвердить добавлением в реакционную среду их ловушек (например, изопропанола для $\bullet\text{ОН}$, бензохинона для $\text{O}_2\bullet^-$). Проводились ли эксперименты для прямого подтверждения того, какие именно активные формы кислорода играют ключевую роль в процессе?
5. Анализ рисунка 10 следовало дополнить выводом о том, начиная с какого значения дзета-потенциала стабилизируется гидродинамический диаметр, что свидетельствует об устойчивом коллоидном состоянии.
6. Графики (рисунки 13 и 24) представляют зависимость оптической плотности от времени, тогда как в тексте указана зависимость от температуры.
7. В работе присутствуют по два рисунка под номерами 2 и 3, и два рисунка с номером 10, при этом рисунок 11 отсутствует.

Высказанные замечания и вопросы носят частный характер и ни в коей мере не умаляют общей положительной оценки выполненного исследования. Автором проделан значительный объем работы, имеющей законченный характер. В диссертации комплексно решена важная научно-техническая задача создания ресурсосберегающей технологии получения перспективных магнитных и каталитических наноматериалов, что подтверждается не только фундаментальными результатами, но и полученным патентом. Работа производит благоприятное впечатление, её материалы изложены системно и аргументированно, а выводы являются научно обоснованными. Представленная диссертация, без сомнения, заслуживает высокой оценки и соответствует критериям, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

В целом диссертационная работа Павликова Александра Юрьевича на тему «Применение анионообменного осаждения для получения наночастиц оксида меди (II), медно-кобальтовых феррошпинелей и гибридных золотосодержащих наноструктур на их основе», соответствует Паспорту специальности 2.6.7. Технология неорганических веществ и удовлетворяет требованиям п.9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 с изменениями от 25.01.2024, а ее автор, А.Ю. Павликов заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 2.6.7. Технология неорганических веществ.

Официальный оппонент:

кандидат химических наук (05.21.03)

старший научный сотрудник научной лаборатории

«Высокомолекулярные соединения» СибГУ им. М.Ф. Решетнева

Воронина Светлана Юрьевна

11

21.11.2025

Подпись к.х.н. с.н.с. Ворониной С.Ю. заверяю,

Ученый секретарь ФБГОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева»

Кандидат исторических наук

20.11.2025 г.

Гончаров Александр Евгеньевич

ФБГОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», 660037, г. Красноярск, проспект им. газеты «Красноярский рабочий», д. 31, info@sibsau.ru, +7 (391) 266-03-88