

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Муравьева Александра Дмитриевича  
«Композиты низкоплотных углеродных материалов с металлсодержащими фазами: новые методы синтеза, физико-химические свойства, применение»,  
представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук  
по специальности 1.4.15. Химия твёрдого тела (химические науки)

Диссертационная работа А. Д. Муравьева посвящена актуальной проблеме современной материаловедения — разработке новых методов синтеза и исследованию свойств композитов на основе терморасширенного графита (ТРГ) с металлсодержащими фазами. В условиях активного развития нанотехнологий и поиска материалов с уникальными характеристиками работа приобретает особую значимость, открывая пути создания многофункциональных композитов для широкого спектра практических применений.

Актуальность исследования определяется несколькими факторами. Во-первых, промышленность испытывает растущую потребность в лёгких, прочных и многофункциональных материалах. Во-вторых, существует необходимость совершенствования методов получения композитов с контролируемыми свойствами. В-третьих, металлсодержащие углеродные композиты перспективны для критически важных областей — от экологической безопасности (сбор нефтепродуктов с поверхности воды) до высокотехнологичных отраслей (создание катализаторов, сенсоров, защитных экранов от электромагнитного излучения).

Научная новизна работы проявляется в ряде существенных достижений. Автор разработал два принципиально новых метода получения металлсодержащих композитов ТРГ, позволяющих совместить стадии терморасширения и формирования металлсодержащей фазы. Впервые продемонстрирована возможность получения ТРГ с низкой насыпной плотностью (3–5 г/л), содержащего на поверхности наноразмерные частицы

металлов (Fe, Co, Ni, Au, Pt) и их соединений. Установлены ключевые закономерности влияния условий синтеза (природа интеркалата, тип азотсодержащего агента, параметры термообработки) на структуру, состав и свойства получаемых композитов. Предложена детализированная схема химических превращений, приводящих к формированию целевых продуктов, с обоснованием стадийности процессов интеркаляции и деинтеркаляции. Выявлены механизмы образования амминокомплексов (например,  $\text{Fe}(\text{NH}_3)_6 \text{Cl}_2$ ), в межслоевом пространстве графита.

Методологическая база исследования отличается глубиной и всесторонностью. Автор применил комплекс современных физико-химических методов анализа: рентгенофазовый анализ (РФА), сканирующую и просвечивающую электронную микроскопию (СЭМ и ПЭМ), КР-спектроскопию, мессбауэровскую спектроскопию, метод ИСП-АЭС для определения состава интеркалированных соединений графита (ИСГ), измерения магнитных характеристик на весах Фарадея, оценку сорбционной ёмкости. Такой мультидисциплинарный подход обеспечил достоверность и воспроизводимость результатов, позволил установить корреляции между условиями синтеза, структурой и функциональными свойствами композитов.

Практическая значимость работы подтверждается рядом достижений. Разработаны масштабируемые методы синтеза, пригодные для реализации в непрерывном режиме на стандартном оборудовании. Получены композиты с высокой намагниченностью насыщения (до 80 эме/г), перспективные для использования в качестве магнитных сорбентов нефти и нефтепродуктов. Продемонстрирована возможность создания защитных экранов от электромагнитного излучения на основе ТРГ с металлсодержащими фазами. Заложены основы для разработки новых катализаторов и высокочувствительных электрохимических сенсоров. Предложены более экологичные технологии, например, исключение стадии постобработки и использование инертной атмосферы.

Диссертация имеет чёткую структуру и включает введение с обоснованием актуальности, целей и задач исследования, обзор литературы (224 источника), экспериментальную часть с детальным описанием методик синтеза и анализа, раздел с результатами и их обсуждением, а также выводы. Работа изложена на 175 страницах, содержит 27 таблиц и 96 рисунков. Язык изложения чёткий, логичный, соответствует нормам научного стиля.

Достоверность результатов подтверждается воспроизводимостью экспериментальных данных, согласованностью с литературными источниками, апробацией на ведущих отечественных и международных конференциях, публикацией трёх статей в рецензируемых научных изданиях и получением двух патентов РФ.

В целом, диссертационная работа А. Д. Муравьева представляет собой законченное научное исследование, в котором решена важная задача разработки новых методов синтеза композитов ТРГ с металлсодержащими фазами, установлены фундаментальные закономерности, связывающие условия получения, структуру и свойства материалов, а также продемонстрирована практическая применимость полученных композитов в ряде высокотехнологичных областей.

По материалам автореферата имеются следующие вопросы и замечания:

1. Не очень понятно, зачем проводить модификацию различными металлсодержащими фазами ТРГ для применения его в качестве магнитного сорбента нефти и нефтепродуктов с поверхности воды. ТРГ, полученный классическим способом имеет сорбционную емкость по нефтепродуктам 60-80г/г, значительно большую, чем при модифицировании. Новый продукт будет иметь много других направлений для применения.

2. В заголовке названии диссертации указано применение разработанных модификаций ТРГ. В заключительных выводах об этом нет ни слова.

Сделанные замечания являются рекомендательными и не влияют на

общую высокую оценку работы.

Работа соответствует специальности 1.4.15. Химия твёрдого тела (химические науки), а также требованиям пункта 2.1-2.5 «Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор — Муравьев Александр Дмитриевич — заслуживает присуждения учёной степени кандидата химических наук по специальности 1.4.15. Химия твёрдого тела (химические науки).

Я, Хищенко Людмила Леонидовна, даю свое согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные МГУ.014.8 и их дальнейшую обработку.

Хищенко Людмила Леонидовна

02.12.2025

Заведующая кафедрой «Технология полимерных материалов, порохов» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» (ФГАОУ ВО «ПНИПУ»),  
доктор технических наук, доцент  
Адрес: 614990, г. Пермь, Пермский край, Комсомольский проспект д.29.  
[rector@pstu.ru](mailto:rector@pstu.ru), тел. 8(342) 283-89-83

Подпись Л.Л. Хищенко заверяю,  
Ученый секретарь ПНИПУ. к.ист.наук  
Макаревич В.И.