

«Утверждаю»

Проректор по науке и инновациям,
д.т.н., профессор

Фомин А.А.

«01» июня 2026 года

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу

Кириллова Владислава Евгеньевича

«Функциональные полимерные композиционные материалы с наноразмерными
металлсодержащими наполнителями»,

представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по
специальности 1.4.7 – Высокомолекулярные соединения

Актуальность темы диссертации. Разработка полимерных нанокомпозитов с функциональными наполнителями и исследование процессов взаимодействия наполнителей с полимерными матрицами различного типа является одним из приоритетных направлений современного материаловедения и химии высокомолекулярных соединений. Интеграция наноразмерных объектов в полимерные матрицы позволяет создавать материалы нового поколения с управляемыми электрофизическими, магнитными и биоцидными свойствами. Однако практическая реализация потенциала таких систем сдерживается проблемами агломерации и окисления наночастиц, а также недостаточной изученностью взаимосвязи между параметрами синтеза, структурой частиц (включая формирование систем типа «ядро–оболочка») и их функциональными характеристиками при встраивании в полимерные матрицы различного типа. Исследование влияния природы полимерной матрицы, вида прекурсоров и условий синтеза на структуру и свойства композитов, а также разработка технологий модификации полипропиленовых волокон для медицинского и технического текстиля определяют высокую научную и технологическую актуальность диссертационной работы В.Е.Кириллова.

Научная новизна диссертации.

В представленной работе:

1. Впервые для ряда полимерных систем (полиэтилен низкой и высокой плотности, политетрафторэтилен) реализован экологически безопасный одностадийный метод синтеза металлсодержащих наночастиц (Pd, Au, Ag, Mn, Ni, Fe, Co, Cu, ZnS) методом термического разложения прекурсоров непосредственно в объеме или на поверхности полимерной матрицы («класпол»), исключающий применение дополнительных стабилизаторов.
2. Впервые экспериментально подтверждено формирование трёхслойной модели строения формирующихся в полимерной матрице биметаллических частиц $Fe_{0,8}Mn_{0,2}$ (металлическое ядро α -Fe, промежуточный слой Fe_2O_3 , оболочка Mn_2O_3), что подтверждает термодинамическое правило сегрегации в полимер-стабилизированных системах.
3. Впервые выявлены и детально проанализированы специфические физические явления в полимер-стабилизированных наночастицах: образование поверхностных и объёмных парамагнитных центров в наночастицах Pd и эффект поверхностного орбитального магнетизма в полимерматричных композитах с золотом, проявляющийся на фоне диамагнитного отклика матрицы.
4. Установлено критическое влияние типа полимерной матрицы на механизм роста в ней металлических и биметаллических наночастиц, их размер, фазовый состав и конечные магнитные/электрофизические свойства полученного композита.
5. Разработаны и реализованы технологии модификации полипропиленовых волокон на стадии их формования из расплава и поверхностного нанесения полимер-стабилизированных наночастиц, позволившие увеличить удельную разрывную нагрузку более чем в 2 раза, снизить поверхностное электрическое сопротивление на 6 порядков и обеспечить биоцидную активность.

Практическая и теоретическая значимость работы. Практическая значимость диссертации определяется разработкой научно обоснованных,

экономически целесообразных и совместимых с промышленным оборудованием технологических процессов синтеза функциональных полимерных нанокомпозитов и волокнистых материалов. Полученные материалы перспективны для производства антистатических тканей, антимикробного медицинского текстиля, элементов высокочастотной электроники, систем электромагнитного экранирования и магнитных сенсоров. Теоретическая значимость заключается в установлении корреляционных зависимостей между условиями синтеза, электронным и атомным строением наночастиц и их макроскопическими свойствами в полимерных матрицах различного типа, что формирует методическую основу для прогнозирования характеристик новых гибридных полимерных материалов.

Полученные результаты представляют несомненный интерес для специалистов, работающих в области синтеза функциональных наполнителей высокомолекулярных соединений и могут быть рекомендованы для применения в научно-исследовательских институтах и университетах при разработке методов синтеза новых композиционных материалов, в частности: ФГОУ ВО МГУ им. М.В. Ломоносова (г. Москва), Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН (г. Москва), Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН (г.Новосибирск), Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН (г.Москва), ФГАОУ ВО МИСИС (г. Москва), АО «НИИ Гириконд» (г.Санкт-Петербург) и др.

Достоверность результатов проведенных исследований обеспечена применением комплекса современных физико-химических методов исследования (ПЭМ, СЭМ, РФА, XAS, ЭПР, мёссбауэровская спектроскопия, вибромагнитометрия, SQUID, ДСК, механические и электрофизические испытания). Экспериментальные данные согласуются с теоретическими представлениями и результатами независимых исследований других авторов. Результаты работы апробированы на 13 научных конференциях и опубликованы в 10 рецензируемых статьях, в том числе в изданиях, индексируемых в базах данных Scopus и WoS.

Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы. Работа изложена на 181 странице, содержит 11 формул, 31 таблицу, 87 рисунков, 244 источника цитируемой литературы. Список публикаций включает 10 статей (9 из них по теме диссертации в журналах перечня ВАК) и 13 тезисов докладов.

В главе 1 приведён теоретический обзор по биметаллическим наночастицам, методам их химического синтеза и способам их стабилизации в полимерных матрицах, рассмотрены преимущества синтезированных полимерных нанокомпозитов и технологии модификации полимерных волокон полимер-стабилизированными металлсодержащими наполнителями для придания антимикробных, электропроводящих и иных функциональных свойств.

В главе 2 представлена экспериментальная часть работы: перечислены исходные реагенты и полимерные матрицы (ПЭНП, ПЭВП, УПТФЭ, ПП), детально описана общая методика одностадийного синтеза полимерных нанокомпозитов методом «класпол» (термическое разложение металлсодержащих прекурсоров в расплаве полимера в минеральном масле при 250–300 °С в атмосфере аргона), приведён комплекс физико-химических методов исследования структуры, морфологии, фазового состава, электрофизических, магнитных и биоцидных свойств полученных материалов.

В главе 3 описаны синтез и результаты структурных исследований металлсодержащих нанокомпозитов на основе полиэтилена и ультрадисперсного ПТФЭ, модифицированных наночастицами Pd, Au, Mn, Ni, ZnS, FeMn, CoFe и CuAg; установлено, что в полиэтилене частицы стабилизируются в объёме, а в УПТФЭ на поверхности микрогранул, выявлено формирование структур типа «ядро–оболочка» (для Pd, Ni, CuAg, CoFe), сложной трёхслойной архитектуры α -Fe@Fe₂O₃/Mn₂O₃ в системе FeMn при соотношении 8:2, а также показано критическое влияние природы матрицы на размер частиц, тип оболочки (оксидная/фторидная) и степень дефектности кристаллической решётки.

В главе 4 обсуждаются результаты исследования электрофизических и магнитных свойств синтезированных композитов: показано, что введение

наночастиц палладия снижает удельное объёмное сопротивление на три порядка за счёт туннельно-прыжкового механизма проводимости, тогда как золотосодержащие композиты демонстрируют впервые обнаруженный для подобных систем поверхностный орбитальный магнетизм (парамагнитный отклик наночастиц золота при диамагнетизме объёмного металла). Также установлено, что магнитное поведение систем на основе Mn, Ni и CoFe (ферромагнетизм, суперпарамагнетизм, температуры блокировки) существенно зависит от прекурсора, матрицы и условий синтеза.

В главе 5 представлены результаты оценки биоцидной активности нанокompозитов против тест-культур *E. coli*, *S. aureus* и *C. albicans*. Для наночастиц золота предложен физический механизм биоцидного действия через локальное электрическое поле без выделения ионов. Разработаны две технологии модификации волокон ПП (при внесении в расплав с композитом ПЭНП+Mn и поверхностном нанесении УПТФЭ+ZnS), что позволило одновременно повысить удельную разрывную нагрузку (до 2,5 раз), снизить поверхностное электрическое сопротивление (на шесть порядков) и обеспечить ингибирование роста патогенных микроорганизмов (на уровне 96–97%). Рассмотрены перспективы применения разработанных композиционных материалов в медицинской и текстильной отраслях.

По работе имеются следующие замечания:

1. Обосновывая актуальность исследования, соискатель доказывает высокую значимость решения проблемы получения нанокompозитов с металлическими наполнителями, однако не приводит аргументы, подтверждающие выбор в качестве объекта исследования металлосодержащих композиционных материалов на основе полиэтилена и политетрафторэтилена.

2. Не ясен выбор наночастиц, на основе которых создавались композиционные материалы. Почему проводился синтез наночастиц именно этих составов? Автор не анализирует влияние размера наночастиц на электрофизические свойства наноматериалов, например, удельное электрическое сопротивление и ослабления СВЧ мощности.

3. Изучение химического взаимодействия наночастиц с полимерной стабилизирующей матрицей носит фрагментарный характер, хотя этот вопрос является важным для интерпретации полученных результатов.

Так, в разделе, посвященном модификации полипропиленовых волокон, механизм двукратного увеличения прочности нитей описан на макроуровне. Роль межфазных взаимодействий и изменения надмолекулярной структуры на границе «матрица ПП – полимер-стабилизированный наноапполнитель» имеет принципиальное значение и хотелось бы видеть более глубокий анализ влияния характера этих взаимодействий на механическую прочность волокон ПП.

Аналогично, из результатов исследования следует, что характер взаимодействия между полимерной матрицей и металлическими наночастицами зависит от вида металла. Диэлектрические потери в композите на основе ПЭНП при введении наночастиц Au и отличаются на порядок.

4. В некоторых таблицах и графиках не указаны погрешности измерений.

5. Металлические и биметаллические полимер-стабилизированные наночастицы синтезировались как композиты в форме порошков, однако в работе отсутствует характеристика фракционного состава этих порошков, полученных после просушивания и используемых в дальнейшем для модификации полипропилена. При этом не учитывается фактор влияния материала матрицы на фракционный состав полученного порошкообразного продукта.

6. Объем диссертации велик и свидетельствует о большой работе, проделанной автором. Вместе с тем, анализ полученных результатов носит преимущественно фрагментарный характер и не охватывает весь материал в целом. Качество оформления полученных результатов значительно повысилось бы при их привязке к конкретным пунктам паспорта специальности 1.4.7.


Вместе с тем, необходимо отметить, что указанные замечания носят скорее рекомендательный характер, не снижают научную и практическую значимость диссертационной работы и могут быть учтены автором при дальнейшем развитии данного направления исследований.

Заключение по диссертации. Диссертационная работа Кириллова Владислава Евгеньевича «Функциональные полимерные композиционные материалы с наноразмерными металлсодержащими наполнителями» представляет собой законченное научное исследование, выполненное на высоком уровне и соответствует требованиям п. 9 Паспорта специальности 1.4.7 – Высокомолекулярные соединения, а также требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней (Постановление Правительства РФ от 24.09.2013 № 842), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата химических наук. Автор, Кириллов Владислав Евгеньевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.7 – Высокомолекулярные соединения.

Отзыв рассмотрен и одобрен на заседании кафедры «Химия и химическая технология материалов», Протокол № 18 от 29 мая 2026 г.

Заведующий кафедрой «Химия и химическая технология материалов»,
доктор химических наук (02.00.04),

профессор




А.В. Гороховский

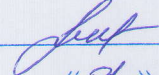
01.06.2026

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.» (СГТУ имени Гагарина Ю.А.)

410054, Россия, г. Саратов, ул. Политехническая, 77

Тел.: +7 (8452) 99-89-80 ; E-mail: rectorat@sstu.ru

Подпись 
Заместитель начальника управления кадров


«01» 06 2026

