УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет»

_____ Н.И. Прокопов
«22» апреля 2026 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет» на диссертационную работу Щемелева Ивана Сергеевича на тему «Оптические сенсорные системы на основе композитных матриц состава “сшитый поливиниловый спирт – магнетит”», представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.2 аналитическая химия

Диссертационная работа Щемелева И.С. посвящена созданию и апробации оптических сенсорных систем нового типа, чувствительный элемент которых представляет собой сшитый эпихлоргидрином поливиниловый спирт с внедренными в него частицами магнетита. Принцип действия предложенных сенсоров заключается в изменении степени набухания гидрогеля сшитого полимера в анализируемых растворах, что приводит к изменению его геометрических характеристик и оптических свойств.

Актуальность темы исследования. В течение последних десятилетий химики-аналитики всё чаще сталкиваются с необходимостью разработки экспрессных и дешевых методов внелабораторного анализа с помощью миниатюрных устройств – химических сенсоров, применение которых было бы возможным лицами без профессиональной подготовки. Наибольшей популярностью сейчас пользуются исследования в области оптических сенсоров, чувствительный элемент которых меняет свой цвет. Такое изменение может быть зарегистрировано с помощью цифровых бытовых гаджетов – например, цифровых фотокамер (фотоаппаратов), камер смартфонов, сканеров и пр. Однако чаще всего в этом случае требуется предварительное закрепление реагента, образующего окрашенное соединение с аналитом, на специально подготовленной подложке, что делает получаемые чувствительные пластинки более высокими по стоимости. Предложенные диссертантом И.С. Щемелевым подходы не требуют применения ни токсичных и дорогостоящих реагентов для создания чувствительных элементов - гранул и плёнок на основе сшитого ПВС, ни сложного оборудования. Более того, автору диссертации удалось усовершенствовать и применить подходы, разработанные его предшественниками, для определения водорастворимых углеводов и низших спиртов в реальных объектах. Таким образом, **актуальность** и **важность** темы диссертационной работы не вызывают сомнений.

Общая характеристика работы. Диссертационная работа И.С. Щемелева состоит из введения, обзора литературы (глава 1), экспериментальной части (глава 2), трех глав с результатами и их обсуждением, и списка литературы из 305 наименований. Диссертация изложена на 149 страницах, содержит 44 рисунка и 14 таблиц.

Во введении обоснована актуальность работы, сформулирована цель и основные задачи работы, показана научная новизна и практическая значимость исследования, представлены положения, выносимые на защиту.

В обзоре литературы (глава 1) приведен анализ современного состояния исследований в области применения полимерных материалов и композитов на их основе в аналитических целях. Также рассмотрены способы регистрации аналитического сигнала оптических сенсорных систем на их основе. Особое внимание при обзоре сенсоров на основе неорганических и органических полимерных материалов уделено фотонно-кристаллическим сенсорам и их аналогам – голографическим сенсорам, принцип отклика которых основан на изменении их Брэгговской дифракции за счет изменения степени набухания чувствительных полимеров и эффективного показателя преломления. При анализе литературных источников диссертант показал возможность применения частиц магнетита при синтезе наноструктурированных композитных материалов для создания дешевых и простых в использовании устройств для целей внелабораторного анализа.

В главе 2 перечислены использованные реактивы и оборудование, подробно описаны методики эксперимента. Приведено описание условий синтеза чувствительных композитных сферических гранул и пленок, описаны экспериментальные установки и методы регистрации и обработки аналитического сигнала.

Глава 3 "Синтез и исследование сенсорных материалов на основе сшитого ПВС" посвящена детальному изучению свойств полученных сферических гранул и композитных пленок состава «сшитый ПВС – магнетит». Сшивка ПВС эпихлоргидрином была подтверждена методом ИК-Фурье спектроскопии. Для определения содержания частиц Fe_3O_4 автор использовал кривые намагниченности гранул с разным содержанием магнетита и спектрофотометрический метод при исследовании плёнок. Всё это позволило диссертанту выбрать оптимальные условия формирования сенсорных элементов для наиболее эффективного их применения в аналитических целях.

В главе 4 "Применение гранул состава “сшитый поливиниловый спирт – магнетит” для определения водорастворимых углеводов" приведены результаты поиска способов повышения селективности и чувствительности ПВС к растворимым в воде сахарам, таким как глюкоза, фруктоза, и сахароза. Диссертантом предложено импрегнирование набухающего полимера раствором тетрабората натрия, что повысило чувствительность полимерной матрицы к моносахаридам почти в 30 раз по сравнению с немодифицированным ПВС. Выбраны оптимальные условия для определения суммарного содержания глюкозы и фруктозы: кислотность буферного раствора, концентрация тетрабората натрия, время контакта гранул с исследуемым раствором. Показано, что в слабощелочной среде частицы Fe_3O_4 не оказывают влияния на чувствительность ПВС к глюкозе и фруктозе. Также нельзя не отметить отсутствие отклика гранул на сахарозу – это позволяет отличать природные углеводы в составе объекта – глюкозу или фруктозу – от внесенной сахарозе. Результаты, полученные И.С. Щемелевым, позволили ему впервые применить метод оптической микрометрии для анализа образцов натурального мёда и фруктовых сиропов. Следует отметить перспективы предложенного подхода при установлении факта фальсификации мёда или продуктов на его основе.

В главе 5 впервые при работе с композитными пленками состава «набухающий полимер – частицы оксида металла» был предложен метод цифровой цветометрии как способ регистрации их аналитического сигнала. Диссертантом разработаны и обоснованы конструкции ячеек для регистрации фотоизображений пленок в проходящем и отраженном свете путем их апробации для анализа водных растворов хлорида калия и хлорида магния. Найдено оптимальное содержание частиц магнетита в пленках, обеспечивающее максимальную чувствительность определения аналитов. Впоследствии композитные пленки были использованы для определения содержания метанола и этанола в водно-спиртовых растворах с помощью приставки для регистрации фотоизображений в проходящем свете. Оптимальные условия определения содержания

глюкозы и фруктозы, изложенные в главе 4, были использованы для определения этих углеводов с помощью импрегнированных композитных плёнок. Метод также был апробирован для анализа образцов натурального мёда.

Каждая глава диссертации завершена выводами. Итоговые выводы по всей работе обобщают полученные данные и отвечают поставленным задачам.

Автореферат полностью соответствует основным положениям диссертационной работы, содержит все необходимые таблицы и рисунки.

Достоверность результатов исследования обеспечена путем анализа исследуемых образцов реальных объектов независимыми методами, такими как окислительно-восстановительное титрование и спектрофотометрия, а также методом «введено-найдено».

Результаты работы представлены на 12 российских и международных конференциях. По материалам диссертации опубликовано 8 статей в международных и отечественных научных рецензируемых журналах, соответствующих требованиям "Положения о присуждении учёных степеней в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте общей и неорганической химии им. Н. С. Курнакова РАН".

Научная новизна. Материалы и подходы для решения поставленных в диссертации задач, а также все представленные в работе научные положения являются новыми. Так, диссертантом был предложен способ формирования частиц Fe_3O_4 в гранулах и пленках из сшитого ПВС путем предварительного импрегнирования полимера раствором солей железа(II, III) и осаждением магнетита в парах аммиака. Метод оптической микрометрии, существовавший ранее, был усовершенствован и впервые применен для анализа реальных объектов благодаря повышению чувствительности и селективности сшитого ПВС к глюкозе и фруктозе. При работе с композитными пленками состава «сшитый ПВС – магнетит» был впервые применен метод цифровой цветометрии как способ регистрации аналитического сигнала.

Практическая значимость. И.С. Щемелевым был разработан способ анализа реальных объектов, который является более дешевым и простым по сравнению с существующими классическими и инструментальными вариантами химического анализа. Продемонстрирована возможность создания оптических сенсорных систем нового поколения на основе набухающих полимеров, содержащих частицы оксидов металлов, которые в будущем могут быть применены для целей внелабораторного анализа, а применение цветометрического способа регистрации их отклика позволяет проводить анализ лицами без специальной химико-аналитической подготовки.

По диссертационной работе имеются следующие **замечания**:

1. Весьма полезной была бы информация о размере наночастиц Fe_3O_4 в составе композитных гранул и пленок, однако в тексте диссертации такие данные отсутствуют.

2. В названии главы 5 - "Применение *композитных сенсорных состава* “сшитый поливиниловый спирт – оксиды железа” для определения содержания водорастворимых веществ" явно пропущено слово. Должно быть – *композитных сенсоров*, или *композитных сенсорных* ***пленок***.

Тем не менее, данные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы. На основании выполненных автором исследований решены научные задачи по созданию и совершенствованию новых, простых в изготовлении, дешевых оптических сенсорных систем. Диссертационная работа по **актуальности, научной новизне и практической значимости** отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 1.4.2 Аналитическая химия. Содержание диссертации полностью соответствует требованиям пп. 9-14 "Положения о присуждении учёных степеней", утвержденного постановлением Правительства Российской

Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (с изменениями и дополнениями в действующей редакции), а также пп. 2.1-2.5 "Положения о присуждении учёных степеней в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской академии наук" от 29 марта 2024 г., предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, а автор диссертационной работы, Щемелев Иван Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.2 Аналитическая химия.

Доклад по диссертационной работе Щемелева Ивана Сергеевича на тему: «Оптические сенсорные системы на основе композитных матриц состава “сшитый поливиниловый спирт – магнетит”» был заслушан, обсуждён и одобрен на заседании кафедры аналитической химии имени И.П. Алимарина (Протокол № 2 от 27.04 2026 года).

Отзыв подготовили:

Заведующий кафедрой аналитической химии
имени И.П. Алимарина,

д.х.н. Игорь Александрович Родин

ученый секретарь кафедры аналитической
химии имени И.П. Алимарина,
старший преподаватель

Елена Валерьевна Миронова

«28» апреля 2026 г.

Сведения о составителях отзыва
Тел: +7 (499) 600-80-80 доб. 31979
E-mail: Rodin@mirea.ru

Сведения о ведущей организации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «МИРЭА-Российский технологический университет» (РТУ МИРЭА)
Индекс, почтовый адрес: 119454 г. Москва, проспект Вернадского, дом 78
Рабочий e-mail, рабочий телефон mirea@mirea.ru, +7 495 434-92-87
Контактное лицо: Прокопов Николай Иванович, первый проректор РТУ МИРЭА

Подписи Е.В. Мироновой и И.А. Родина заверяю:

Зам. первого проректора РТУ МИРЭА Ю.А. Ефимова

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«МИРЭА – Российский технологический университет»
РТУ МИРЭА
просп. Вернадского, д. 78, Москва, 119454
тел.: (499) 600 80 80, факс: (495) 434 92 87
e-mail: mirea@mirea.ru, http://www.mirea.ru

10.04.2026№НП-600/67

О согласии выступить в качестве ведущей организации

Председателю диссертационного
совета 01.4.002.92
при Федеральном государственном
бюджетном учреждении науки
Институт общей и неорганической
химии им. Н.С. Курнакова
Российской академии наук

д.ф.-м.н. ФИЛИППОВУ М.Н.

Сведения о ведущей организации

по диссертационной работе Щемелева Ивана Сергеевича
на тему «Оптические сенсорные системы на основе композитных матриц состава «сшитый поливиниловый спирт – магнетит» на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.2. Аналитическая химия.

Полное наименование организации в соответствии с Уставом	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки МИРЭА – Российский технологический университет
Сокращенное наименование организации в соответствии с Уставом	РТУ МИРЭА
Полное наименование структурного подразделения, факультета, кафедры	Кафедра аналитической химии имени И.П. Алимарина Института тонких химических технологий им. М.В. Ломоносова
Почтовый индекс, адрес организации	119071, Москва, проспект Вернадского, 78
Веб-сайт	http://www.mirea.ru
Телефон	+7(499)600-80-80

Адрес электронной почты	rector@mirea.ru
Список основных публикаций работников структурного подразделения, составляющего отзыв, по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет (не более 15 публикаций)	1. Aseyev S.A., Mironov B.N., Kochikov I.V., Lotin A.A., Ischenko A.A., Ryabov E.A. Ultrathin GeTe Crystal in a Strong Femtosecond Laser Field: Manifestation of a Quantum Size Effect // JETP Letters. 2023. V. 117. № 11. P. 810–813. DOI: 10.1134/S002136402360101X. 2. MartynovL.Yu., Sergeeva A.S., Sakharov K.A., Shkinev V.M., Yashtulov N.A., Zaytsev N.K.Voltammetric determination of phosphates using ion-selective electrode based on organotinionophore // Microchemical Journal. 2023. V. 191. 108877. DOI: 10.1016/j.microc.2023.108877. 3. Никулин А.В., Мартынов Л.Ю., Габаева Р.С., Лазов М.А. Разработка новой инверсионно-вольтамперометрической методики определения неорганического йода в слоевищах ламинарии (LaminariaethalliL.) для контроля качества сырья в условиях заводских лабораторий // Тонкие химические технологии. 2024. Т. 19. № 4. С. 372–383. DOI: 10.32362/2410-6593-2024-19-4-372-383. 4. Plotnikov A., Letova Yu., Usachev M., Rodin I. A UHPLC-MS/MS method for the quantification of wheat glutein in commercial food products using summarized marker peptide contents // Food Analytical Methods. 2024. V. 17. № 8. P. 1229–1240.DOI: 10.1007/s12161-024-02646-1. 5. Постников П.В., Полосин А.В., Савельева Н.Б., Курбаткин С.А., Ефимова Ю.А., Мочалова Е.С. Идентификация метаболитов гипоксена в образцах мочи методом газовой хроматографии – тандемной масс-спектрометрии с целью антидопингового контроля // Тонкие химические технологии. 2024.Т. 19. №5. С. 393–407. DOI: 10.32362/2410-6593-2024-19-5-393-407. 6. Potapov I.D., Nenashev A.S., Levina I.I., TimchenkoYu.V., Rodin I.A., Shutkov I.A., Nazarov A.A., Kuramshina G.M., Motyakin M.V., Nekipelova T.D., Podrugina T.A.Reaction of phosphonium-iodinumylides with alkynes as a process of target synthesis phosphorus-containing heterocycles: photoinduction and assistance of dipolarophiles // Russian Chemical Bulletin. 2025. V. 74. № 1. P. 151–165.DOI: 10.1007/s11172-025-4511-z. 7. Ipatova V.S., Bliznyuk U.A.,

	BorshchegolovskayaP.Yu., Bolotnik T.A., Nikitchenko A.D. Chernyaev A.P., Rodin .I.A. Monitoring of the concentration of volatile organic compounds in beef meat after radiation processing with accelerated electrons // Inorganic Materials. 2025. V. 60. № 3. P. 292–302. DOI: 10.1134/S0020168524700407. 8. Zverev S., Savraeva D., Ignatova Yu., Aristova V., Martynov L., Sakharov K., Dubinich V., Andreev S.Electroconductive Polymer Repellent Composites Based on N,N-Diethyl-3-methylbenzamide // Molecules. 2025. V. 30. 1036. DOI: 10.3390/molecules30051036. 9. Aseyev S.A., Mironov B.N., Ischenko A.A., Ryabov E.A. Laser-induced structural dynamics of a gold crystal in vacuum // VACUUM. 2025. V. 240. 114515. DOI: 10.1016/j.vacuum.2025.114515. 10. Aseyev S.A., Mironov B.N., Poydashev D.G., Ryabov E.A., Miller R.J. D., Li Z., Zhang M., Ischenko A.A. High spatiotemporal resolution transmission electron microscopy and diffraction: Progress from subnanosecond laser-induced structural dynamics to femtosecond quantum tomography. Review // NanoToday. 2025. V. 61. 102638. DOI: 10.1016/j.nantod.2025.102638.

Первый проректор

Подлинник электронного документа, подписанного ЭП, хранится в электронной системе Документооборота РТУ МИРЭА
ВМЕСТЕ СОЗДАЁМ БУДУЩЕЕ
Сертификат: 5F21018500D2619DF3187A4B7CD8C9A5
Владелец: Прокопов Николай Иванович, ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
Действителен: с 11.08.2025 по 04.11.2026

Н.И. Прокопов

Ефимова Юлия
Александровна
8(499)600-80-80 доб. 31857
efimova@mirea.ru
вн. №0000-0000055726