О Т З Ы В

официального оппонента на диссертационную работу

Щемелева Ивана Сергеевича

"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

Актуальность темы исследования. Наряду с повышением чувствительности аналитических методов и методик в современных условиях возникают задачи упрощения способов анализа, что особенно **актуально** при проведении внелабораторных испытаний. Такие виды анализов обычно проводят на месте отбора пробы – по крайней мере, для предварительных оценок. Подобные задачи могут возникать при контроле качества продуктов, гигиенических средств, фармацевтических препаратов на производстве, и решать их должен уметь не только профессиональный химик-аналитик. Применение простых сенсорных устройств, тест-средств, не требующих дорогостоящего и сложного оборудования, удовлетворяет требованиям, предъявляемым к решению вышеуказанных задач. В последнее время при создании таких устройств аналитическая химия все чаще обращается к субмикро-, наноразмерным структурам и частицам, которые вызывают интерес и как объекты исследования, и как составная часть аналитических средств, инструментов, сенсорных элементов. Вторая область представляется наиболее важной: субмикронные структуры применяют в электрохимических, сорбционных и хроматографических методах, в различных вариантах оптических сенсоров или тест-устройств, позволяя существенно расширять возможности анализа. Интересное и перспективное направление – создание композитных материалов, включающих, например, полимерную матрицу и регулярно распределенные внутри матрицы частицы иной природы (другой полимер, неорганические соли, оксиды металлов и др.). Перспективность композитов обусловлена рядом факторов: полимерную матрицу относительно просто модифицировать различными реагентами для улучшения селективности, а субмикроструктуры позволяют повысить чувствительность. Таким образом, **актуальность** исследований по теме диссертации И.С. Щемелева не вызывает вопросов.

Новизна исследования и полученных результатов. Гидрофильные гранулированные полимерные материалы, набухающие в водных и водно-

органических растворах, применяют в методе оптической микрометрии: по виду кинетической кривой набухания судят о природе растворенных веществ, по степени набухания гранулы – о концентрации аналита. Известны физико-химические и математические модели для описания процесса набухания полимерных гранул, повышающие документальность и точность определения веществ. Однако чувствительность такого подхода в целом остается невысокой. Диссертантом предложен **новый** подход, основанный на импрегнировании вышеуказанных структур в гель сшитого поливинилового спирта (ПВС) с целью повышения селективности и чувствительности определения водорастворимых углеводов. Так, автором предложены композитные гранулы, включающие распределенные в объеме ПВС субмикронные частицы магнетита (Fe_3O_4). Последние придают полимеру окраску от желтой до светло-коричневой, делая более контрастным фотоизображение гранулы в исследуемом растворе; упрощают измерение степени набухания гранулы и дальнейшую математическую обработку цифровой фотографии, что улучшает прецизионность результатов. Дополнительным преимуществом служит возможность фиксирования гранулы с помощью магнитного поля при смене исследуемых растворов, что также стабилизирует фотоизображения и сказывается на воспроизводимости анализа. Применение композитных материалов, содержащих в своем составе частицы магнетита, составляет **научную новизну работы**.

Диссертантом найдены условия осаждения магнетита и распределения его частиц внутри гранул сшитого ПВС для получения оптимальных аналитических свойств композитного материала. Синтезированный композитный материал применен в качестве оптического сенсорного элемента при исследовании водных растворов электролитов, водорастворимых углеводов, водно-органических смесей. Экспериментально найден оптимальный диапазон pH буферных фоновых растворов для определения углеводов (фруктозы, глюкозы, лактозы и сахарозы). Для увеличения селективности автор предлагает не модифицировать поверхность полимера, а полностью импрегнировать гранулы ПВС тетраборатом натрия, поскольку в процессе набухания участвует весь объем гранулы. Эти новые подходы и способы составляют **научную новизну диссертации**.

Практическая значимость работы очевидна и обоснована формированием и аналитическим применением сенсорных композитных пленок. Так, для измерения аналитического отклика композитных пленок диссертант предлагает применять популярный в настоящее время метод цифровой

цветометрии. Предложены конструкции измерительных ячеек для фотографирования в проходящем и отраженном свете набухающих композитных пленок. За счет набухания или сжатия пленки "сшитый ПВС – магнетит" меняется среднее расстояние между частицами магнетита, что приводит к изменению цветовых координат R, G, B и интегральной интенсивности A_r. Выбраны условия формирования чувствительных композитных пленок с лучшими характеристиками. Аналитические возможности показаны диссертантом на примере коммерческих антисептиков, содержащих этанол или изопропанол, а также на примере определения глюкозы и фруктозы в реальных объектах (натуральный мед, специальные кондитерские сиропы для лечебного питания). Найденное суммарное содержание фруктозы и глюкозы в реальных объектах подтверждено независимыми методами (йодометрически и спектрофотометрически).

Установлено, что пределы обнаружения аналитов для цветометрического варианта несколько выше, чем для оптической микрометрии, однако относительное стандартное отклонение при этом удалось снизить до 0,03. Разработанные диссертантом подходы можно применять для предварительной оценки качества меда или кондитерских сиропов и делать вывод о подлинности меда (возможной фальсификации продукта), что представляет **практическую значимость** проведенных исследований.

Структура и объем работы. Работа Щемелева И.С. содержит все обязательные компоненты кандидатской диссертации. Состоит из 5 глав – обзора данных литературы, экспериментальной части и 3-х глав с обсуждением результатов, порядок следования которых отражает логику выполненного исследования, а также списка цитируемой литературы (305 наименований). Работа изложена на 149 страницах, содержит в основном тексте 44 рисунка и 14 таблиц. Обзор данных литературы написан очень подробно и содержит много критически сопоставленных сведений по теме исследования. Во второй главе приведена информация о применяемых материалах, аппаратуре и всех разработанных подходах. Третья глава посвящена исследованию композитного материала и поиску наиболее подходящих условий для решения аналитических задач. В четвертой и пятой главе подробно рассмотрено применение композитных сенсорных материалов в анализе реальных объектов с применением оптической микрометрии и цифровой цветометрии. Каждая из глав с обсуждением результатов завершается подробным обобщающим выводом.

Исследование, проведенное И.С. Щемелевым, с одной стороны, носит завершенный характер. Все поставленные перед диссертантом цели и задачи

решены в полном объеме. Результаты, полученные диссертантом, статистически обработаны, являются **новыми и не вызывают сомнений в их достоверности.** По работе опубликовано 8 статей в рекомендованных ВАК ведущих периодических изданиях, в том числе, в Журнале аналитической химии, координационной, неорганической химии. Работа прошла ***хорошую апробацию***. Диссертационная работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, а ее результаты и выводы доложены в виде устных и стендовых докладов на престижных Всероссийских и региональных конференциях.

С другой стороны, работа диссертанта имеет дальнейшие перспективы. Она может быть рассмотрена как начало полномасштабных исследований по созданию оптических сенсорных систем аналогичного типа для определения других аналитов, в частности, экотоксикантов в объектах окружающей среды, не требующих сложной пробоподготовки, таких как вода и воздух.

Автореферат и ***публикации полностью отражают*** содержание диссертации. Выводы и рекомендации, содержащиеся в Заключении, следуют логике исследования и отражают в полной мере полученные результаты.

По ***диссертационной работе*** и ***автореферату*** можно сделать следующие **замечания**:

1) В тексте диссертации, к сожалению, не приведена информация о размере частиц применяемого магнетита, а также распределении их по размерам. Каким образом размер частиц и их однородность может оказать влияние на интенсивность аналитического сигнала чувствительных пленок?

2) Автором отмечено, что при определении суммарного содержания глюкозы и фруктозы присутствие частиц магнетита в полимере не влияет на интенсивность аналитического сигнала. Это утверждение справедливо для любого количества магнетита в полимере или для определенного диапазона его содержаний в геле сшитого ПВС?

3) Не понятно, почему микрометрически исследуются разные концентрации углеводов, отличающиеся в 1000 раз? Так на рис. 32 А, стр. 89 диссертации, указана размерность концентрации глюкозы в моль/дм^3, а на рис. 32 Б концентрация фруктозы приведена в ммоль/дм^3.

4) В тексте диссертационной работы встречаются некоторые стилистические неточности и опечатки.

Вышеуказанные замечания не снижают общей положительной оценки работы.

Таким образом, по своей актуальности, научной новизне, степени обоснованности научных положений, теоретической и практической

значимости, отражению основных положений в печати, диссертация И.С. Щемелева полностью соответствует требованиям, изложенным в пп. 9-11, 13, 14 "Положения о присуждении ученых степеней", утверждённого Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842 (с изменениями и дополнениями) и 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 ее автор достоин присуждения ему искомой степени по специальности 1.4.2 Аналитическая химия.

Официальный оппонент **С.Ю. Доронин**

Дата: 07.05.2026 г.

Доронин Сергей Юрьевич, доктор химических наук (специальность – Аналитическая химия, 02.00.02), профессор,
ФГБОУ ВО “СГУ имени Н.Г. Чернышевского”, профессор кафедры аналитической химии и химической экологии.
410012, Саратов, ул. Астраханская, 83, СГУ, Институт химии, I корпус.
Тел. +7(8452)26-45-53, E-mail: doroninsu@mail.ru

Я, Доронин Сергей Юрьевич, даю свое согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой Диссертационного совета 01.4.002.92, и их дальнейшую обработку.

Подпись Доронина С.Ю. удостоверяю
Ученый секретарь
Ученого совета СГУ В.Г. Семенова
«07» мая 2026

Сведения об официальном оппоненте

по диссертационной работе Щемелева Ивана Сергеевича

на тему «Оптические сенсорные системы на основе композитных матриц состава “сшитый поливиниловый спирт – магнетит”»,

представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.2 Аналитическая химия

Фамилия Имя Отчество оппонента	Доронин Сергей Юрьевич
Шифр и наименование специальностей, по которым защищена диссертация	02.00.02 Аналитическая химия
Ученая степень и отрасль науки	Доктор химических наук, аналитическая химия
Ученое звание	Профессор
Полное наименование организации, являющейся основным местом работы оппонента	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского», институт химии
Занимаемая должность	Профессор кафедры аналитической химии и химической экологии
Почтовый индекс, адрес	410012, г. Саратов, ул. Астраханская, д. 83, корп. 1, Институт химии СГУ
Телефон	8(452)26-45-53
Адрес электронной почты	doroninsu@mailru
Список основных публикаций официального оппонента по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет (не более 15 публикаций)	1. *Цыгулёва Э.И., Доронин С.Ю., Рудаков О.Б.* Определение α- и β-нафтолов в их смесях с предварительным мицеллярно-экстракционным концентрированием // Сорбционные и хроматографичекие процессы. 2022. Т. 22. № 1. С. 79–88. DOI: 10.17308/sorpchrom.2022.22/9034. 2. *Соколова Т.А., Доронин С.Ю.* Фотометрическое определение новокаина с предварительным концентрированием мицеллярными растворами ПАВ // Журнал аналитической химии.2022. Т. 77. № 8. С. 714–720. DOI: 10.31857/S0044450222080151. 3. *Соколова Т.А., Косырева И.В., Доронин С.Ю.* Колориметрическое экспресс-определение биологически активных аналитов // Журнал аналитической химии. 2023. Т.

	78. № 9. С. 813–820. DOI: 10.31857/S004445022309013X. 4. *Соколова Т.А., Бурмистрова А.А., Доронин С.Ю.* Аналитические реакции 2,4-динитрофенилгидразина с некоторыми альдегидами в мицеллах катионных ПАВ // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: химия, биология, экология. 2023. Т. 23. № 3. С. 262–271. DOI: 10.18500/1816-9775-2023-23-3-262-271. 5. *Махова Т.М., Аржанухина А.И., Доронин С.Ю.* Концентрирование и тест-определение фенолов с применением нановолокна на основе полиамида // Журнал аналитической химии. 2023. Т. 78. № 10. С. 953–960. DOI: 10.31857/S0044450223100134. 6. *Соколова Т.А., Доронин С.Ю.* «Cloud-point» разделение и концентрирование для определения органических аналитов // Бутлеровские сообщения. 2024. Т. 77. № 2. С. 35–49. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/24-77-2-35. 7. *Соколова Т.А., Разуваева Л.М., Доронин С.Ю.* Мицеллы ПАВ как растворители гидрофобных аналитических форм // Бутлеровские сообщения. 2024. Т. 77. № 2. С. 50–56. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/24-77-2-50. 8. *Соколова Т.А., Доронин С.Ю.* Дериватизация как способ повышения эффективности СР-концентрирования органических аналитов // Бутлеровские сообщения 2024. Т. 78. № 4. С. 1–14. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/24-78-4-1. 9. *Соколова Т.А., Доронин С.Ю.* Мицеллярно-экстракционное экспресс-определение некоторых лекарственных ариламинов // Журнал аналитической химии. 2025, Т. 80. № 10. С. 1056–1065. DOI: 10.7868/S3034512X25100044.

Профессор, доктор химических наук по специальности 02.00.02 Аналитическая химия

_____ / Доронин С.Ю.

«10» апреля 2026 г.

Подпись Доронина С.Ю. удостоверяю
Ученый секретарь
Ученого совета СГУ _____ В.Г. Семенова
«13» апреля 2026 г.