

## ОТЗЫВ

**официального оппонента  
на диссертационную работу Шинко Евгении Ивановны  
«Применение пьезоэлектрических иммуносенсоров на основе гибридных  
углеродных материалов для определения антибиотиков»,  
представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук  
по специальности 1.4.2. Аналитическая химия**

Рецензируемая работа посвящена решению актуальной задачи современной аналитической химии – повышению чувствительности и селективности определения органических аналитов (в частности лекарственных препаратов) с применением современных экспрессных и надежных методов анализа.

**Цель работы** состоит в разработке пьезоэлектрических иммуносенсоров на основе гибридных углеродных материалов для определения антибиотиков в пищевых продуктах, биологических жидкостях и фармацевтических препаратах.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа содержит все обязательные компоненты кандидатской диссертации и состоит из введения, трех глав, выводов, списка цитируемой литературы (247 источников) и приложения. Работа изложена на 130 страницах, содержит 33 рисунка (из них 4 в Приложении), 24 таблицы.

**Во введении** сформулированы цели и задачи диссертационной работы, ее научная новизна, практическая значимость и положения, выносимые на защиту.

**В первой главе** (28 с.) на высоком профессиональном уровне систематизированы 247 научных работ (преимущественно иностранных исследователей и не более 25 российских), посвященных синтезу, изучению свойств и применению углеродных нанотрубок в сенсометрическом анализе, в том числе объектов исследования соискателя. В конце главы приведено заключение, которое базируется на обзоре данных литературы, и отражает текущее состояние проблемы, ее актуальность, что позволило соискателю сформулировать основные задачи исследований.

**Во второй главе** (с. 40 – 50) охарактеризованы объекты и методы исследования, реактивы, материалы и средства измерений. Приведено

подробное описание методик окисления и функционализации углеродных нанотрубок, формирования распознающего слоя .

**Третья глава** (с. 51 – 95) посвящена обсуждению полученных экспериментальных результатов. Изложены условия функционализации углеродных наноматериалов для применения в пьезоэлектрических иммуносенсорах и формирования распознающих слоев. Приведены результаты определения лекарственных веществ с помощью пьезоэлектрических сенсоров на основе углеродных материалов и их применение для анализа реальных объектов.

Соискателем впервые для повышения чувствительности определения лекарственных веществ в жидких средах с помощью пьезоэлектрического иммуносенсора предложено включать в состав распознающего слоя многостенные УНТ. Разработана методология активации УНТ карбоксилированием, аминированием, фторированием и тиолированием. Активация УНТ обеспечивает повышение эффективности связывания конъюгатов антибиотиков или антител с аффинным слоем на поверхности пьезоэлектрического иммуносенсора и повышает устойчивость распознающего слоя. Систематизированы условия определения лекарственных веществ (антибиотики – аминогликозиды, тетрациклины, фторхинолоны, полимиксины и рактопамин) с помощью пьезоэлектрического иммуносенсора на основе функционализированных УНТ в прямом или конкурентном форматах иммуноанализа. Доказано, что аналитические характеристики сенсора зависят не только от формата или режима анализа, но и от способа активации многостенных углеродных нанотрубок.

Сформулированные в диссертации задачи исследования отражают актуальность и перспективность работы, а полученные результаты достигли результативной практической значимости и отличаются оригинальностью. Их достоверность обеспечена грамотной постановкой эксперимента, применением современных методов исследования и анализа (в том числе и гибридных), непротиворечивостью результатов эксперимента по сравнению с известными исследованиями других авторов, а также взаимной корреляцией результатов и их статистической проработкой.



В диссертации детально обоснованы метрологические характеристики способов определения антибиотиков в различных объектах со сложной матрицей. Установлено соответствие результатов определения аналитов в рецептуре производителей препаратов. Обоснованы преимущества предложенных соискателем сенсорных систем по сравнению с известными методами.

Результаты диссертационного исследования могут быть применены при проведении научных исследований и учебных курсах классических университетов, медицинских и технических вузов, использованы в контрольно-аналитических и фармацевтических лабораториях.

Работа прошла апробацию на международном конгрессе и всероссийских конференциях. Основное содержание диссертации изложено в 5 статьях в журналах, входящих в перечень ВАК и индексируемых в базах данных Web of Science, Scopus. Практическая новизна подтверждена патентом РФ.

Автореферат и публикации отражают содержание диссертации, выводы – суть полученных результатов исследования.

Вопросы и замечания по диссертационной работе и автореферату (*не влияют на высокую оценку* полученных научных и практических результатов):

1. Как выбирали регенерирующий раствор и как оценивали степень регенерации чувствительного слоя сенсоров?
2. Не указан тип приставок, с помощью которых получали ИК-спектры.
3. Не приведены условия (или ссылка) проведения диализа при очистке конъюгатов.
4. Стоило ли изучать столь подробно окисляющие агенты, если их эффективность можно оценить по имеющимся в литературе данным (в диссертации ссылки почти на 10 работ)?
5. В диссертации 9 раз упоминаются различные оптимальные характеристики (условия), однако, собственно процедура оптимизации не проводилась (с применением математического аппарата).
6. Влияет ли частота ультразвука на эффективность диспергирования УНТ и как ее выбирали при проведении исследований.
7. Не приведен способ подготовки лекарственных средств перед определением в них препаратов.

8. Не приведены библиографические базы данных, на основании которых проведен обзор литературы. Чем обусловлено преобладающее (более 90 %) количество ссылок на русскоязычные работы?

9. Не проведена валидация разработанных способов определения.

Диссертационная работа Шинко Евгении Ивановны «Применение пьезоэлектрических иммуносенсоров на основе гибридных углеродных материалов для определения антибиотиков» представляет законченную научно-исследовательскую работу, которая удовлетворяет требованиям п. 9-11, 13-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением № 842 Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года (в действующей редакции) к научно-квалификационным работам на соискание ученой степени кандидата химических наук. Автор диссертационной работы Шинко Евгения Ивановна заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.2. Аналитическая химия.

Согласен на включение моих персональных данных в аттестационное дело, их дальнейшую обработку и размещение в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».

Профессор кафедры физической и аналитической химии,  
доктор химических наук (02.00.02 – Аналитическая химия),  
профессор

Суханов Павел Тихонович

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет инженерных технологий», факультет экологии и химической технологии, кафедра физической и аналитической химии

Почтовый адрес: 394036, г. Воронеж, пр-т Революции, 19

Тел.: +79036533688

E-mail: pavel.suhanov@mail.ru

21.02.2023 г.

