

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Фам Тхи Гам

**«АМПЕРОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ АНТИБИОТИКОВ
В ЖИДКИХ СРЕДАХ СЕНСОРАМИ НА ОСНОВЕ
МОЛЕКУЛЯРНО-ИМПРИНТИРОВАННЫХ ПОЛИМЕРОВ»,
представленной на соискание ученой степени кандидата химических
наук по специальности 1.4.2. Аналитическая химия**

Диссертационная работа посвящена решению актуальной задачи современной аналитической химии – повышению экспрессности, селективности и чувствительности определения органических аналитов (в частности лекарственных препаратов) с применением современного, надежного метода анализа. Несмотря на многочисленные исследования, направленные на разработку способов определения антибиотиков, требуется развитие новых подходов их определения в объектах окружающей среды и пищевых продуктах.

Сформулированные в диссертации Фам Тхи Гам цель и задачи исследования отражают актуальность и перспективность работы, а полученные результаты однозначно достигли требуемой практической значимости и отличаются оригинальностью. Их достоверность обеспечена грамотной постановкой эксперимента, применением современных методов исследования и анализа, непротиворечивостью результатов эксперимента по сравнению с известными исследованиями других авторов, а также взаимной корреляцией результатов и их статистической проработкой.

Научная новизна диссертации состоит в разработке методологии комплекса исследований, направленных на получение молекулярно-импринтированных сополимеров, оценки их физико-химических свойств, применения их в качестве селективных покрытий для амперометрических сенсоров и разработке новых прямых способов определения антибиотиков разных классов в многокомпонентных средах.

Структура и объем работы. Диссертационная работа включает все обязательные компоненты кандидатской диссертации и состоит из введения, пяти глав (завершаются заключениями), выводов, списка цитируемой литературы и двух приложений. Работа изложена на 179 страницах, содержит 50 рисунков, 37 таблиц.

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

В первой главе (10-30 с.) систематизированы 218 научных работ. Приведены данные по применению антибиотиков, их попаданию в пищевые продукты и окружающую среду. Выполнен анализ методов определения антибиотиков, в том числе с применением сенсоров. Доказано, что молекулярно-импринтированные полимеры (МИП) обеспечивают высокую чувствительность и специфичность определения антибиотиков. Обоснована актуальность разработки амперометрических сенсоров на основе МИП, в том числе для селективного определения антибиотиков в объектах анализа со сложными матрицами.

Во второй главе (31-48 с.) охарактеризованы объекты и методы исследования, реактивы, материалы и средства измерений. Изложена методика получения МИП с отпечатками антибиотиков на основе сополимера 1,2,4,5-бензолтетракарбоновой кислоты и 4,4'-диаминодифенилоксида, используемых для модификации сенсоров. Приведены методики исследования свойств полимерных пленок и амперометрического определения антибиотиков.

В третьей главе «Исследование некоторых свойств антибиотиков» (49-60 с.) представлены результаты исследования кислотно-основных свойств объектов исследования, и влияние температуры на структуру некоторых антибиотиков. Методом ИК-спектроскопии показано, что при повышении температуры изменяется структура молекул цефазолина натрия, стрептомицина сульфата и сульфаниламида. Установлено, что при температуре более 120 °С изученные аналиты разлагаются.

На основании результатов спектрофотометрического анализа рассчитаны константы протолиза антибиотиков: цефтриаксона натрия, цефазолина натрия, цефуросима натрия и цефотаксима натрия.

В четвертой главе «Исследование свойств селективных материалов сенсоров» (61-85 с.) приведены результаты изучения молекулярно-импринтированных и неимпринтированных сополимеров на основе 1,2,4,5-бензолтетракарбоновой кислоты и 4,4'-диаминодифенилоксида. Методом ИК-спектроскопии доказано присутствие имидных циклов в синтезированных сополимерах. Доказано, что молекулярное импринтирование не

изменяет структуру полиимида и лишь формирует полости распознавания молекул-темплатов.

Подробно изучены сорбционные свойства сополимеров по отношению к изученным антибиотикам. Интерпретированы механизмы сорбции.

Количественно оценены основные сорбционные характеристики и установлены закономерности распределения антибиотиков. Экспериментально доказано, что МИП характеризуются более высокой сорбционной способностью по сравнению с НП в связи с высокой пористостью и наличием специфических участков, соответствующих структурам молекул-темплатов. Оценена корреляция между количеством микропор и чувствительностью сенсоров к целевым молекулам.

В пятой главе «Амперометрическое определение антибиотиков в жидкостях» (страницы 86-119) приведены результаты разработки и установления характеристик амперометрических сенсоров, модифицированных МИП.

На основании импринтинг-факторов оценены возможности сенсоров распознавать целевое вещество в многокомпонентных растворах. Установлено, что сенсоры модифицированные МИП, могут быть использованы при определении антибиотиков до 25 циклов. Влияние матрицы объектов анализа устанавливалось на примере, когда в качестве «растворителя» применялось молоко. Установлено влияние pH, температуры, присутствие неорганических веществ на сигнал сенсоров.

В главе также приведены многочисленные результаты определения антибиотиков в вариациях соотношений определяемых компонентов, оценена правильность определения. Проведено сравнение результатов их определения альтернативными 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 международной и всероссийских конференциях. Основное содержание диссертации изложено в 6 статьях, опубликованных в журналах, рекомендованных ВАК.

Публикации и автореферат (в целом) 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. Чем обусловлено подробное изучение температурной устойчивости антибиотиков, если синтез МИП в присутствии антибиотиков проводился только при 120 и 80 °С (с. 45 диссертации)? С какой целью оценивалось влияние температуры в интервале 10-50 °С на аналитический сигнал сенсоров, если определение антибиотиков проводилось при комнатной температуре?

2. Установлено, что значения рК отражают диссоциацию карбоксильных, окситриазиноновых, а также аминотиазольных функциональных групп, что указывает на различную степень ионизации в зависимости от рН среды. На с. 100-101 приведены результаты влияния рН на отклик сенсоров, декларируется, что «Это может быть объяснено влиянием рН на ионизационное состояние молекул антибиотиков и/или на участки распознавания в полимерном слое.», однако более детального анализа взаимосвязи рК антибиотиков, рН и отклика сенсоров не приведено.

3. На с. 38-40 приведены литературные данные спектromетрии антибиотиков в ИК области, при выполнении работы получены многочисленные ИК-спектры. Каковы общие выводы, полученные в результате изучения систем методом ИК-спектрофотометрии?

4. Почему именно сополимер на основе 1,2,4,5-бензолтетракарбоновой кислоты и 4,4'-диаминодифенилоксида с молекулярной массой звена 382 г/моль и температурой разложения 525 °С, применялся для получения МИП?

5. Расчеты удельной поверхности, суммарный объем пор и средний радиус пор по уравнениям целесообразно было подтвердить экспериментально Методом низкотемпературной физической адсорбции азота или других газов при постоянной температуре.

6. В автореферате не приведены результаты построения вольтамперных зависимостей, которые необходимы для выбора условий амперометрического определения.

7. Следовало в диссертации привести последовательность действий при выполнении методики определения антибиотиков в анализируемых продуктах.

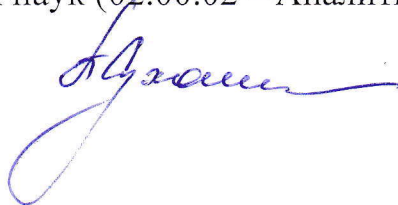
8. В работе приведены предельно допустимые концентрации (г/дм³) антибиотиков (ПДК_{Ceftir} – $2,0 \cdot 10^{-4}$, ПДК_{Cefot} и ПДК_{Cefur} – $1,8 \cdot 10^{-4}$, ПДК_{Cef} и ПДК_{Sulf} – $1,0 \cdot 10^{-4}$, ПДК_{Strep} – $2,5 \cdot 10^{-4}$ и ПДК_{Neo} – $15,8 \cdot 10^{-4}$) в водах, однако не указаны для каких вод эти значения установлены.

9. В диссертации декларируется выбор ОПТИМАЛЬНЫХ условий определения (например, с. 41 диссертации), однако, как таковой оптимизации каких-либо параметров в работе не проводилось.

Диссертационная работа Фам Тхи Гам «Амперометрическое определение антибиотиков в жидких средах сенсорами на основе молекулярно-импринитированных полимеров» удовлетворяет требованиям п. 9-10, 13-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением № 842 Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года (в действующей редакции), к кандидатским диссертациям. Автор диссертационной работы Фам Тхи Гам 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

16. 03. 2026 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»
Подпись т. *Суханова П.Т.*
ЗАВЕРЯЮ
Начальник управления кадров
16.03.2026 *А.В. Дроздова*

