

## **ОТЗЫВ**

**на автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата химических наук Шавокшиной Веры Александровны  
на тему: «Амперометрические (био)сенсоры на основе наноструктурированной  
берлинской лазури для анализа биологических жидкостей»  
по специальности 1.4.2. Аналитическая химия**

Определение биомаркеров патологических состояний организма на основе их электрохимических реакций с применением сенсорных технологий является одним из актуальных направлений исследований в аналитической химии. В качестве объектов анализа все большее внимание уделяется поту, выдыхаемому воздуху, слезам, что обеспечивает реализацию неинвазивных методов, в том числе в миниатюризированном варианте, что востребовано в рамках персонифицированной медицины. Таким образом, диссертационная работа В.А. Шавокшиной, посвященная разработке амперометрических сенсоров на основе наноразмерных гексацианоферратов железа/никеля для определения биомаркеров (ДНК, РНК, пероксида водорода,  $K^+$ ,  $Na^+$ ) в биологических жидкостях человека (сыворотка крови, пот, конденсат выдыхаемого аэрозоля), характеризуется научной новизной и актуальностью.

Автором установлены условия проточно-инжекционной амперометрии при постоянном потенциале, позволяющие регистрировать отклик электродов, модифицированных наноразмерными гексацианоферратами железа или никеля на неэлектроактивные ионы ( $K^+$  и  $Na^+$ ), и предложены твердоконтактные ионоселективные электроды, применимые в анализе пота и сыворотки крови. Показана возможность одновременного определения аналитов при использовании печатных планарных структур с двумя рабочими электродами и тонкослойной проточной ячейке. Представляют интерес электроды с электрохимически синтезированным поли(3,4-(1-азидометилэтилен)-диокситиофеном). Одностадийная иммобилизация алкин-модифицированных биомолекул и увеличение электрохимической константы скорости в присутствии медиаторов электронного переноса (гексацианоферрат(II)/(III) и гексааминрутений(II)/(III) ионов) характеризует эффективность использования таких электродов в качестве платформы для иммобилизации ДНК-зондов. Разработаны амперометрические ДНК-сенсоры и ДНК/РНК-сенсоры с электрокаталитическими метками на основе композитных наночастиц берлинской лазури, иммобилизованными на поверхность поли(3,4-(1-азидометилэтилен)-диокситиофена). В условиях конкурентного (ДНК-сенсоры) и «сэндвич»-анализа (ДНК/РНК-сенсор) возможно чувствительное определение немеченых олигонуклеотидов в сыворотке крови. К достижениям автора можно отнести и сенсор на основе наноструктурированной берлинской лазури, стабилизированной гексацианоферратом никеля, для определения пероксида водорода в конденсате выдыхаемого аэрозоля, собранного без дополнительного охлаждения. Апробация сенсора на клинических образцах показала статистически значимые различия в группах.

Научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы не вызывают сомнений. Тем не менее, по работе имеются вопросы и замечания, которые не снижают общую положительную оценку работы.

1. Из текста автореферата неясно, какие именно пластифицированные ионоселективные мембраны использованы в работе. Желательно было бы указать их состав.
2. Указывать концентрации аналитов в квадратных скобках не совсем корректно, поскольку такое обозначение принято для равновесной концентрации, а измерение аналитического сигнала в проточно-инжекционном анализе обычно проводится в неравновесных условиях.

В целом диссертантом получен большой объем экспериментальных данных, достоверность которых подтверждается корректной обработкой методами математической статистики и данными независимых методов. Выводы и заключения обоснованы и не вызывают сомнений. Работа прошла всестороннюю апробацию на ведущих профильных конференциях. Список публикаций полностью отражает содержание работы.

Исходя из данных, представленных в автореферате, диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук. Содержание диссертации соответствует специальности 1.4.2. Аналитическая химия (по химическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, а ее автор, Шавокшина Вера Александровна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.2. Аналитическая химия.

Доктор химических наук, профессор

Заведующий кафедрой аналитической химии Химического института им. А.М. Бутлерова  
ФГАОУ ВО "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Зиятдинова Гузель Камилевна

28.11.2025

420008, Казань, ул. Кремлевская, 18

Контактные данные:

