

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО СЕНСОРА НА ОСНОВЕ N-АЦЕТИЛ-L-ЦИСТЕИНА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГИДРОКСИЛЬНЫХ РАДИКАЛОВ В БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТАХ МЕТОДОМ АНОДНОЙ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИИ

А. А. Трапезоньян, А. В. Еркович
Научный руководитель – к.х.н., доцент О. И. Липских

Томский политехнический университет
Россия, 634050, г. Томск, проспект Ленина, 30

Окислительный стресс – это отрицательная реакция организма в ответ на большое количество свободных радикалов в организме при отсутствии (или недостатке) антиоксидантов. Наиболее опасным из известных свободных радикалов является гидроксильный радикал ($\text{OH}\cdot$), обладающий высокой реакционной способностью [1]. Время жизни $\text{OH}\cdot$ -радикалов не превышает 10^{-9} с, однако за это время они способны нанести существенный вред живому организму: окисляют белки, липиды и нуклеиновые кислоты; провоцируют раковые, сердечно-сосудистые и нейродегенеративные заболевания [2]. В связи с этим количественное определение $\text{OH}\cdot$ -радикалов является актуальной задачей для медицинских и аналитических исследований.

Электрохимический сенсор, разработанный в данной работе, представляет собой графитовый электрод, модифицированный золотом и самоорганизующимся монослоем N-ацетил-L-цистеина (NAC). Выбор модификатора обусловлен прямым антиоксидантным действием NAC, осуществляемым благодаря наличию SH-группы, которая позволяет инактивировать АФК [3].

Для генерации $\text{OH}\cdot$ использовался метод, основанный на разрушении пероксида водорода УФ-излучением. В результате того, что гидроксильные радикалы содержат неспаренные электроны и по сравнению с молекулами пероксида водорода обладают большей константой скоро-

сти реакции с N-ацетил-L-цистеином, они разрушают монослой NAC. Степень разрушения монослоя оценивалась с помощью метода анодной вольтамперометрии с применением окислительно-восстановительной метки $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-/4-}$. Как показали контрольные эксперименты, ни перекись водорода, ни УФ-излучение по отдельности не оказывают влияния на разрушение NAC.

В ходе исследования удалось установить зависимость разрушения монослоя NAC от времени воздействия гидроксильных радикалов (от 30 до 1800 с) с концентрацией $5 \cdot 10^{-10}$ М. Оптимальным временем для проведения реакции является 600 с. После чего увеличение времени воздействия $\text{OH}\cdot$ -радикалов на монослой NAC не влияет на дальнейшую интенсивность его разрушения.

Далее была построена градуировочная зависимость разрушения монослоя NAC от концентрации гидроксильных радикалов ($\text{OH}\cdot$) в диапазоне от $2,5 \cdot 10^{-11}$ М до $8 \cdot 10^{-10}$ М при времени воздействия 600 с (рисунок 1).

Как видно из рисунка, зависимость является линейной во всем диапазоне концентраций. Полученные данные свидетельствуют о том, что разработанный сенсор может использоваться для анализа концентрации $\text{OH}\cdot$ -радикалов в биологических объектах (клеточных культурах или сыворотке крови), а также для оценки антиоксидантных свойств различных биологически

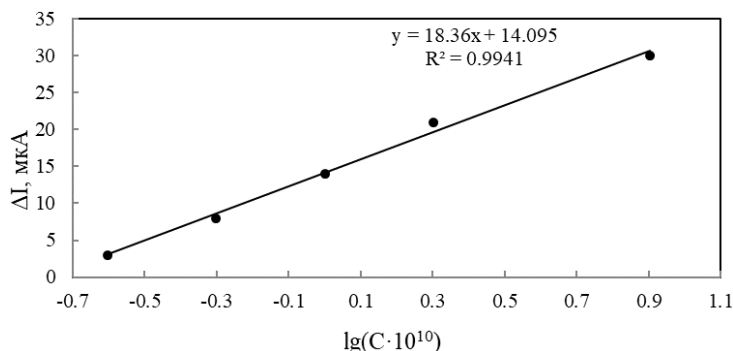


Рис. 1. Зависимость разрушения монослоя NAC от концентрации $\text{OH}\cdot$ -радикалов в диапазоне от $2,5 \cdot 10^{-11}$ М до $8 \cdot 10^{-10}$ М

активных веществ по отношению к гидроксильным радикалам.

Исследования выполнены за счет субсидии из федерального бюджета на финансовое обе-

спечение выполнения государственного задания, проект № FSWW-2023-0008.

Список литературы

1. Фархутдинова Л.М. // *Вестник Академии Наук РБ.* – 2015. – Т. 20. – № 1. – С. 42–49.
2. Dalle-Donne I. et al. // *Clin. Chem.* – 2006. – V. 52. – № 4. – P. 601–623.
3. Aruoma O.I., Halliwell B., Hoey B.M., Butler J. // *Free Radical Biology & Medicine.* – 1989. – V. 6. – № 6. – P. 593–597.

ПОЛИАЗУР – ПЕРСПЕКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ В СОСТАВЕ КОМПОЗИТОВ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

А. С. Харькова, Т. В. Лаврова

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»
300012, г. Тула, пр. Ленина, 92
Anyuta_Zaytseva@mail.ru

В последние годы исследования в области биосенсоров вызывают огромный интерес в связи с их применением в клинической диагностике, фармацевтике, биомедицине и здравоохранении [1]. Биосенсоры успешно применяются для выявления заболеваний, профилактики, реабилитации и наблюдением за здоровьем пациентов вне больниц. Современным и эффективным подходом к детекции органических соединений является использование биосенсоров основанных на применении соединений, способных обратимо окисляться/восстанавливаться и взаимодействовать с активным центром фермента. Такой подход к созданию биосенсоров обеспечивает приемлемую чувствительность метода, короткое время анализа и возможность значительной миниатюризации биосенсорных систем. Органические полимеры с сопряженной системой π -связей, в которых электронная проводимость осуществляется за счет делокализованных электронов (единичный заряд в таких полимерах, как правило, делокализован по нескольким фрагментам полимерной цепи) являются наиболее перспективными кандидатами для создания электрохимических устройств. Цель исследования заключается в анализе электрохимических параметров редокс-активных полимеров, полученных методом электрополимеризации метиленового синего, бриллиантового крезильного синего, азура, феносафранина, для дальнейшего выбора полимеров для использования в составе биосенсорных систем.

Электрохимическая активность полимеров проявляется при потенциале катодного пика 0,05 В, анодного пика 0,17 В для полиметиленового синего; при потенциале катодного пика –0,27 В, анодного пика 0,04 В для полибриллиантового крезильного синего; при потенциале катодного пика 0,02 В, анодного пика 0,20 В для полиазура; при потенциале катодного пика –0,23 В, анодного пика 0,43 В для феносафранина. Методом ИК-спектроскопии идентифицированы химические структуры полученных полимеров. Для полибриллиантового крезильного синего, полифеносафранина и полиазура найдены характеристические полосы полимера в области $3500\text{--}3300\text{ см}^{-1}$ относящиеся к валентным колебаниям связи NH вторичной аминогруппы (ИК-спектр (полибриллиантовый крезильный синий, полифеносафранин; полиазур) (KBr), см^{-1} : 3436 ($\nu\text{N-H}$); 3434 ($\nu\text{N-H}$), 3430 ($\nu\text{N-H}$) соответственно), вероятно, процесс полимеризации протекает по связи NH. В структуре полиметиленового синего образуется четвертичные соединения азота, ковалентные связи которых не дают характерных полос поглощения. Методом энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии оценено локальное распределение элементов, входящих в состав полимеров: найдены все элементы, присутствующие в предполагаемой структуре полимеров.

Методом циклической вольтамперометрии были исследованы электрохимические свойства синтезированных полимеров. Установлено, что лимитирующей стадией переноса электрона на