

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЭЛЕКТРОДОВ
ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МИКРОБНЫХ БИОЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ СИСТЕМ
ДЛЯ БЫСТРОЙ ОЦЕНКИ БИОХИМИЧЕСКОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ КИСЛОРОДА (БПК)**

А.С. Медведева

Тульский государственный университет, Тула, Россия

Область создания наноматериалов в настоящее время быстро развивается из-за их эффективного применения в нанoeлектронике [1], катализе, при создании биоматериалов [2] и биосенсоров. По химической структуре наноматериалы принято делить на органические и неорганические. Неорганические наноматериалы включают металлы и их оксиды, фуллерены, углеродные нанотрубки (УНТ), графен и оксид графена, каликсарены являются органическими наноматериалами [3]. Неорганические наноматериалы характеризуются относительно простым синтезом; они катализируют некоторые электрохимические реакции [4], и участвуют в ускорении переноса электронов. Органические наноматериалы характеризуются свойствами, которые способствуют усилению электрохимического сигнала и обеспечивают высокую степень биосовместимости. Оба типа наноматериалов очень перспективны для разработки электрохимических сенсоров и биосенсоров [5].

В работе предложен новый способ формирования биосенсора на основе наноструктурированного медного электрода и микроорганизмов для экспресс-оценки индекса биохимического потребления кислорода (БПК).

Электрохимические характеристики редокс-соединений изучали, методами циклической вольтамперометрии. Анализ зависимостей предельных токов от скорости сканирования позволил провести расчет константы скорости гетерогенного переноса электронов для водорастворимых и нерастворимых редокс-соединений на основании констант были сформированы одномедиаторные и двухмедиаторные биоэлектрохимические системы. В ходе исследования показано, что дрожжи *Debaryomyces hansenii* не подвержены токсичному действию меди и могут быть эффективно использованы с наноструктурированным электродом в двухмедиаторной системе «ферроцен-метиленовый синий». Бактерии *Paenibacillus thuyae* подвержены токсичному воздействию ионов меди при иммобилизации на наноструктурированном электроде, поэтому для их иммобилизации использован редокс-активный полимер поли (нейтральный красный), защищающий микроорганизмы от негативного влияния и позволяющий добиться эффективного сопряжения микроорганизмов с электродом.

Разработанные биоэлектрохимические измерительные системы обладают высокой чувствительностью (нижний предел определяемых значений БПК₅ – 2,0 мг/дм³) и хорошей корреляцией со стандартным методом анализа БПК на пробах поверхностных вод ($R^2 > 0,98$). Таким образом, созданные биосенсорные системы могут служить прототипами коммерчески выпускаемых миниатюрных датчиков для анализа воды.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-13-20021,
<https://rscf.ru/project/23-13-20021> и поддержки правительства Тульской области.*

Литература

1. Xiangming Xu, Tianchao Guo, Mario Lanza, Husam N. Alshareef, Status and prospects of MXene-based anoelectronic devices, *Matter*, Volume 6, Issue 3, 2023, Pages 800–837, ISSN 2590–2385.
2. G. Jamuna, S. Yasodha, P. Thamarai, A.S. Vickram, Pavithra Swaminaathan, A. Saravanan, P.R. Yaashikaa Design strategies, utilization and applications of nano-engineered biomaterials for the enhancement of bioenergy: A sustainable approach, *Biochemical Engineering Journal*, Volume 200, 2023, 109104.
3. G. Maduraiveeran and W. Jin, Nanomaterials based electrochemical sensor and biosensor platforms for environmental applications // *Trends in Environmental Analytical Chemistry* (2017), 13, 10–23.
4. M.M. Alam, M.A. Rashed, M.M. Rahman, M.M. Rahman, Y. Nagao and M.A. Hasnat. Electrochemical oxidation of As(III) on Pd immobilized Pt surface: kinetics and sensing performance // *RSC Adv.*, 2018, 8, 8071–8079.
5. V. Wang, K. Qu, L. Tang, Z. Li, E. Moore, X. Zeng, Y. Liu and J. Li. Nanomaterials in carbohydrate biosensors // *TrAC, Trends Anal. Chem.*, 2014, 58, 54–70.