

В качестве наиболее доступного сырья для начала исследований были выбраны дробленые кукурузные стержни, а также шелуха семян подсолнечника. Данные культуры распространены в России и при этом не находят обширного применения, зачастую попросту подвергаются хранению на свалках.

В данной работе проводили термическую обработку биомассы в различных температурных режимах. Полученные Фурье-ИК-спектры приведены на рисунке 1.

Первые эксперименты показали, что обработанные образцы содержат как карбоксильные (пик  $1630\text{ см}^{-1}$ ), так и азотсодержащие группы (связи  $\text{NH}_3^+$ ,  $\text{NH}_2^+$ ,  $\text{NH}^+$ , пик  $2050\text{ см}^{-1}$ ). Также стоит отметить наличие фосфорсодержащей

органики в образце К1-2 (валентная связь Р–Н, пик  $2344\text{ см}^{-1}$ ), что может свидетельствовать не только о большем потенциале использования его как адсорбента, но и о меньшем вреде экологии, связанном с отходящими газами.

В целом результаты показывают, что повышение температурного режима может негативно сказываться на групповом составе получаемого материала, однако преобладание азотсодержащих групп и меньшее групповое разнообразие может быть более выгодным при проведении синтеза в целях получения углеродного материала для дальнейшего его использования в суперконденсаторах.

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки (код FSUN-2020-0008).

### Список литературы

1. *Heidarinejad Z. Methods for preparation and activation of activated carbon: a review // Environmental Chemistry Letters, 2020. – № 18. – P. 393–415.*
2. *Yousefi M. Modification of pumice with HCl and NaOH enhancing its fluoride adsorption capacity: Kinetic and isotherm studies // Human and Ecological Risk Assessment, 2018. – Vol. 3. – № 25. – P. 1–13.*
3. *Ukanwa K. A Review of Chemicals to Produce Activated Carbon from Agricultural Waste Biomass // Sustainability, 2019. – Vol. 11. – № 22. – 6204.*

## РАЗРАБОТКА МНОГОКАНАЛЬНЫХ БИОСЕНСОРНЫХ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ЯЧЕЕК НА ОСНОВЕ ПОЛИСТИРОЛОВОГО ПЛАНШЕТА ДЛЯ ИММУНОБИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Д. В. Логунова

Научный руководитель – к.х.н., доцент Е. В. Дорожко

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г.Томск, пр. Ленина 30, dvl14@tpu.ru

В последнее время актуальным является разработка электрохимических (э/х) иммуносенсоров на основе металлических меток за счет их уникальных э/х свойств. Так в работе автора [1], для определения противоклеточных иммуноглобулинов использовался луночный полистироловый планшет для иммуноферментного анализа (ИФА), сигналообразующей меткой служили специфические конъюгаты меченные коллоидным серебром  $\text{Ab@НЧАg}$ . Однако, для регистрации э/х сигнала требовалось предварительное растворение серебра конъюгатов в лунках титровального планшета и перенос содержимого в э/х ячейку. В связи с этим актуальным является разработка многоканальных э/х ячеек

на основе титровального планшета для определения модельных иммуноглобулинов меченых наночастицами золота (НЧ Au) с последующим проявлением золотых меток ртутью химическим способом. Такой подход позволяет уменьшить погрешность определения антиген/антитело, удешевить и сократить время анализа.

В качестве электропроводящих поверхностей и твердых подложек для иммобилизации специфических белковых молекул, служила поверхность рабочего электрода состоящая из углеродных чернил ( $(0,020 \pm 0,005)$  г полистирола и  $(0,180 \pm 0,005)$  г углеродной сажи в  $0,5\text{ см}^3$  1,2-дихлорэтана), изолирующих медный контакт в объеме 200 мкл.

Для апробации э/х ячеек использовались коммерческие конъюгаты меченные коллоидным золотом (AuSpA, AuSpA, Sigma-Aldrich, США). В качестве модельных иммуноглобулинов использовались: IgG свиньи, IgG собаки. В лунках планшета были сформированы комплексы: IgG свиньи – AuSpA, IgG собаки – AuSpA. В качестве контрольного отрицательного образца были выбраны IgG человека, которые не были связаны в комплекс с золотым конъюгатом.

Поскольку регистрация э/х сигнала от золота конъюгатов затруднена в следствии пассивации поверхности углеродных чернил белком некоторые авторы прибегают к каталитическому восстановлению других металлов на НЧ Au конъюгатов. В данной работе впервые предлагается использование восстановления ртути из 0,1 % раствора  $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  в 1 М  $\text{HNO}_3$  химическим восстановителем металлом концентрацией 1 мг/мл в соотношении 1:1. Время восстановления ртути составило 5 минут. Каждым этап сопровождался однократной промывкой лунок планшета дистиллированной водой.

Ячейки тестировались методом линейной вольтамперометрии с разверткой потенциала от  $-0,1$  до  $0,8$  В со скоростью 40 мВ/с. В качестве вспомогательного электрода и электрода сравнения использовалась Pt и Ag/AgCl соответственно. Э/х условия регистрации сигнала от ртути: потенциал накопления  $-0,6$  В, время накопления 60 с. Фоновый электролит 1:1 0,1 М  $\text{HNO}_3$  и

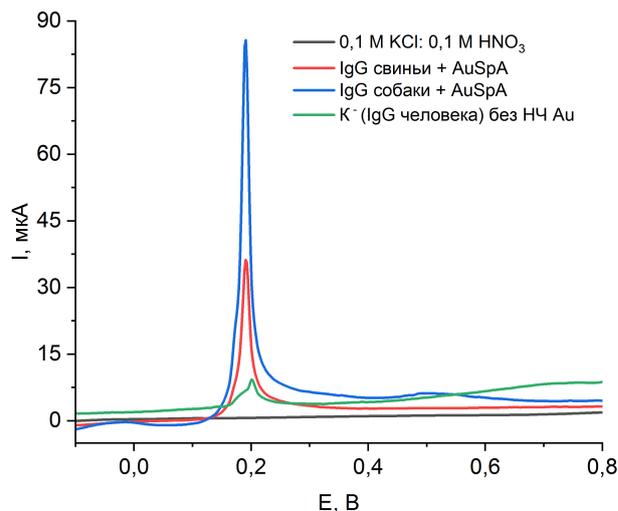


Рис. 1. Вольтамперограммы определения модельных иммуноглобулинов

0,1 М КСl. Наглядные вольтамперограммы (ВА) представлены на рисунке 1.

Анализируя полученные результаты, минимальный сигнал наблюдался от пробы не меченой НЧ Au.

В данной работе представлен алгоритм создания биосенсорных электрохимических ячеек для иммунобиологических исследований. Такой планшет после доработки позволит одновременно определить несколько возбудителей в мульти-сенсорном иммуноанализе.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и ЧНФ № 19-53-26001 и ГЗ «Наука» № FSWW-2020-0022.

### Список литературы

1. *Khristunova E. et al. Electrochemical immunoassay for the detection of antibodies to tick-borne encephalitis virus by using various types*

*of bioconjugates based on silver nanoparticles // Bioelectrochemistry, 2020. – V. 135. – P. 107576.*

## ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕКОТОРЫХ НИТРОЗО-СОЕДИНЕНИЙ

Л. Н. Лоскутова<sup>1,2</sup>, Е. И. Короткова<sup>1</sup>, J. Вареk<sup>2</sup>

Научный руководитель – д.х.н., профессор, заведующий на правах кафедры ОХИ ТПУ Е. И. Короткова

<sup>1</sup>ФГАОУ ВО Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
Россия, Томск, пр. Ленина, 30, 634050, loskuto4ek@mail.ru

<sup>2</sup>Charles University, Faculty of Science  
UNESCO Laboratory of Environmental Electrochemistry  
Hlavova 2030/8, CZ-128 43 Prague 2, Czech Republic

Оксид азота (NO) играет важную роль в регуляции физиологических и патофизиологических механизмов в организме человека и животных. Существует необходимость быстрого и

точного определения NO. Интерес к изучению нитрозотиолов (RSNO) возрос после того, как они были идентифицированы как основные био-