

тиазиновым красителем метиленовым синим спектрофотометрическим методом.

Экспериментальные исследования проводили на спектрофотометре Agilent Technologies Cary 60 UV-Vis.

Методика эксперимента заключалась в регистрации спектров поглощения красителя в присутствии различного количества ГК при длине волны максимума поглощения 650 нм. Как

видно из рисунка 1, интенсивность поглощения метиленового синего заметно уменьшается при увеличении концентрации ГК. Данная закономерность носит линейный характер в диапазоне концентраций ГК 0,005–0,03 г/дм<sup>3</sup>.

Полученную зависимость можно использовать для дальнейшей разработки методики определения ГК в различных косметических и фармацевтических объектах.

### Список литературы

1. J. Lou, R. Stowers, S. Nam, Y. Xia, O. Chaudhuri // *Biomaterials*, 2018.– Vol.154.– P.213–222.
2. Q. Chen, X. L. Li, Q. Liu, Q. C. Jiao, W. G. Cao, H. Wan // *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 2005.– Vol.382.– №7.– P.1513–1519.
3. M. Fagnola, M. P. Pagani, S. Maffioletti, S. a Tavazzi, A. Papagni // *Contact Lens and Anterior Eye*, 2009.– Vol.32.– №3.– P.108–112.

## СОЗДАНИЕ СЕНСОРА НА ОСНОВЕ ОКСИДА ГРАФЕНА ДЛЯ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

А.А. Липовка<sup>1</sup>, Е.В. Дорожко<sup>1</sup>, В. Пракаш<sup>2</sup>, А. Аль-Хамри<sup>3</sup>, Е.С. Шеремет<sup>1</sup>  
 Научный руководитель – PhD, профессор Р. Родригес

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, tpi@tpi.ru

<sup>2</sup>Университет Пенджаба  
 Индия, Сектор-14 Чандигарх

<sup>3</sup>Технический университет  
 Германия, г. Хемниц, D-09107, Хемниц

### Введение

Одним из актуальных направлений в современном материаловедении является изготовление гибких и высокочувствительных сенсоров из материалов на основе графена. В данной работе представлен сенсор на основе оксида графена (GO) для двухканального детектирования многокомпонентных соединений посредством использования оптических и электрических методов. В качестве демонстрации работы сенсора проведено обнаружение молекулы 4-нитробензидиола (4-NBT) указанными методами.

### Теоретическая часть: оксид графена в создании сенсоров

GO – простой в синтезе, нетоксичный материал. Его отличительной особенностью является наличие в структуре кислородсодержащих групп. Таким образом, большая часть атомов углерода меняет свою гибридизацию с sp<sup>2</sup> на sp<sup>3</sup>, что приводит к изменению свойств материала. Удобство использования оксида графена заклю-

чается в его гидрофильности и возможности получения его водных дисперсий, что позволяет наносить вещество на произвольные подложки. Диэлектрическая природа GO не ограничивает его применение в электронике и сенсорике – путем контролируемого удаления кислородных групп материал восстанавливается до графеноподобного – восстановленного оксида графена (rGO), обладающего высокой электрической проводимостью.

### Методики: создание сенсора и двухканальное детектирование

В качестве материала использовалась водная дисперсия оксида графена, нанесенная на гибкие подложки из каптона. Восстановление GO до rGO производилось с помощью лазерного излучения для восстановления областей произвольной формы. Сенсор выполнен с учетом геометрии SPE электродов, на рабочий электрод которого электрохимически осажены серебряные наночастицы (Ag NPs) для усиления сигнала.

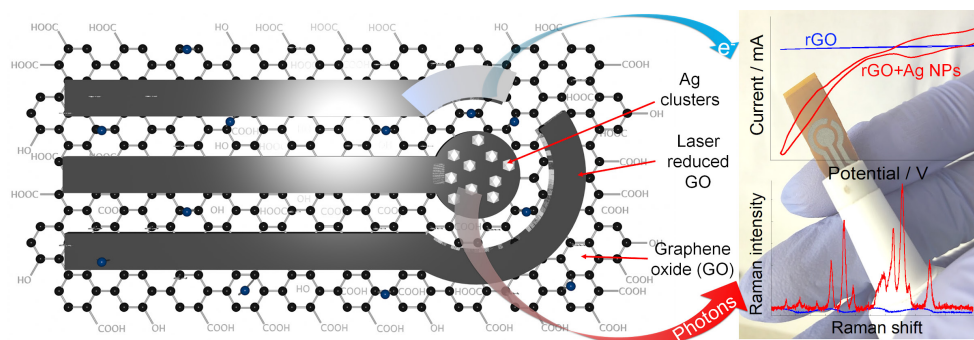


Рис. 1. Схема разработанного сенсора и демонстрация основных результатов детектирования 4-NBT методами CV и SERS

ла. Оптический метод детектирования – поверхностно усиленная Раман спектроскопия (SERS), электрический – циклическая вольтамперометрия (CV). Детектируемое вещество – 4-NBT.

### Результаты и их обсуждение

Оценка восстановления оксида графена была выполнена с помощью SEM-EDX, существенное изменение соотношения C/O говорит об успешной модификации поверхности материала толщиной порядка 1 мкм. Согласно элементной карте, Ag NPs распределены по поверхности почти равномерно, а их внедрение приводит к усилению сигнала как в электрохимии, так и в SERS. В CV сигнал молекулы 4-NBT зарегистрирован в окне потенциалов от 0,2 до –1,8 В,

при этом обнаружен явный катодный пик в области 0,4 В, связанный с десорбцией тиоловых с поверхности. Полученные раман-спектры демонстрируют характерные пики 4-NBT и 4-ABT (4-аминобензилтиол). Появление пиков 4-ABT обусловлено плазмонно-индуцированным каталитическим восстановлением 4-NBT. Доминирующий пик на  $1433\text{ см}^{-1}$  отвечает за колебания C–C (растяжение) и C–H (сгибание) [1]. При этом характерные пики можно зарегистрировать только в области с AgNPs.

В работе продемонстрирована работоспособность разработанного сенсора, имеющего потенциал для применения в гибкой электронике, контроле качества, экспресс-анализе многокомпонентных жидкостей.

### Список литературы

1. Abdelsalam M.E. Surface enhanced raman scattering of aromatic thiols adsorbed on nanostructured gold surfaces. *Cent. Eur. J. Chem.* 7, 446–453 (2009).

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ВИТАМИНА D3 В РАЗЛИЧНЫХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ФОРМАХ

А.А. Лукина

Научный руководитель – ассистент К.В. Дёрина

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, lukina.an@list.ru

Витамин D3 (холекальциферол) играет существенную роль в нормальном развитии и функционировании организма человека. Указанное соединение регулирует кальций-фосфорный обмен [1]. Недостаток витамина D3 в организме человека провоцирует развитие различных заболеваний, таких как остеопороз, рахит, тетания,

остеомаляция, витилиго, гипокальцемия, псориаз и рассеянный склероз.

По данным исследования, проведенного Федеральным исследовательским центром питания, биотехнологии и безопасности пищи от 23% до 97% жителей РФ (в зависимости от региона проживания) испытывают дефицит