**«Зеленый» электрохимический синтез оксида графена с использованием ультразвуковых зондов: спектральные характеристики продукта**

***Ратова Д.-М.В.,1 Чермашенцев Г.Р1***

*Студент, 4 курс специалитета*

*1Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,*

*химический факультет, Москва, Россия*

*E-mail:* [*darmarrat@gmail.com*](mailto:darmarrat@gmail.com)

Оксид графена (ОГ) представляет собой углеродный материал на основе графена, состоящий из *sp*2 кластеров, окруженных *sp*3 атомами углерода, соединенных с кислородосодержащими группами. Благодаря своим уникальным свойствам данный материал вызывает все больший интерес в научном сообществе, так он успешно используется в электрохимических и биосенсорах. ОГ показывает себя как перспективный материал в обнаружении раковых опухолей и визуализации раковых клеток, например использование нанолистов ОГ *in vivo*. В настоящее время активно проводят исследования ферментоподобных нанозимных свойств и использования ОГ в качестве поглотителей (скэвенджеров) биологически значимых свободных радикалов окислительного стресса.

Цель работы — разработать способ ультразвукового анодного электрохимического окисления графита для получения стабильных дисперсий оксида графена и проверить их антиоксидантную способность в модельных системах методом хемилюминометрии.

Обзор существующих данных по электрохимическому синтезу оксида графена (ЭОГ) показывает, что подобный подход обладает рядом преимуществ, по сравнению с химическими методами получения: (1) более экологичной и «зеленой» методикой получения, (2) в ходе синтеза преимущественно наблюдают меньшее количество дефектов в структуре и разрывов C–C связей внутри графеноподобной плоскости.

В ходе работы, найдены условия анодного электрохимического получения водных дисперсий оксида графена, позволяющие получить весьма седиментационно и агрегационно устойчивые дисперсии (>4 месяцев, ζ = 18.7 мВ, размеры частиц 270 и 80 нм). Для этого использовали анодное окисление графита в присутствии электролита с близкой подвижностью ионов (NH4)2SO4 1.0 М, постоянное напряжение 30 В и силу тока 90 мА в течение 5 ч, с разделенным катодно‑анодном пространством, с дополнительной ультразвуковой обработкой. Методы спектроскопии ИК-НПВО с преобразованием Фурье, КР, УФ спектроскопии в видимой области подтверждают наличие структуры оксида графена (разделенное катодно‑анодное пространство, мембрана 3.5 кДа) и восстановленного оксида графена (разделенное катодно‑анодное пространство, солевой мостик 3.5М KCl). Морфология и межплоскостные расстояния оценены методами СЭМ и ПЭМ.

Дисперсии ЭОГ отделяли от графитовой части путем центрифугирования 15 мл дисперсии в полимерных пробирках (30 мин, 4000 об/мин). Очистку проводили путем диализной обработки в течение 3 сут. Мембрану предварительно кондиционировали в растворе 5 мМ ЭДТА и 3% H2O2 для удаления металлов.

Выбраны оптимальным условия работы титанового зонда на основании данных по разрушению материала зонда (оценены методом ИСП-АЭС). Оптимальным соотношением времени импульсной модуляции к времени релаксации (tработа/tотдых) является 4/2 с, что соответствует наименьшей степени коррозии УЗ зонда (*c*(Ti)=14.3 мг/л), при оптимальной температуре эксперимента (25-30оC).

С помощью метода хемилюминометрии: (1) в системе люминол/Co(II)/H2O2 оценены свойства по отношению к супероксид анион радикалу, показано значительное подавление сигнала, (2) также показано отсутствие индуцирования перекисного окисления липидов и фосфолипидов, что в перспективе позволит исследовать ЭОГ в биологических моделях *in vivo*.

*Работа выполнена при поддержке РФФИ 21-33-70074 мол\_а\_мос*.