**Исследование кинетического режима переноса электрона на графеновых электродах**

**Савин В.С.1,2, Иноземцева А.И.2**

*Студент,* 3 курсспециалитета

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

*факультет фундаментальной физико-химической инженерии, Москва, Россия*

*2Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук, Москва, Россия*

*E-mail:s.v.s.alch@gmail.com*

Графен – двумерный кристалл из sp2-гибридизованных атомов углерода – представляет большой интерес для различных электрохимических приложений (устройств накопления и преобразования энергии, датчиков и различных электрических наноустройств), благодаря широкому окну электрохимической стабильности и рекордно малой толщине. Одним из важнейших электрохимических свойств графена является скорость переноса электрона на электроактивный реагент. В зависимости от кинетического режима, она может зависеть как от природы реагента, так и от электронной структуры самого графена и его подложки. Однако, вопрос о кинетическом режиме переноса электрона на графене и графите и влиянии на него различных условий на данный момент остается спорным. Так, две группы ученых приводят противоположные точки зрения на кинетику электрохимического восстановления хинонов на графите [1,2]. Кроме того, недавно было показано, что на графеновых электродах, в зависимости от природы реагента, электрохимические реакции могут протекать в различных кинетических режимах [3].

В данной работе мы планировали установить, какой кинетический режим переноса электрона реализуется на графене для некоторых внешнесферных электрохимических систем. Для этого были определены стандартные гетерогенные константы скорости переноса электрона на образцах графена, стеклоуглерода и высокоориентированного пиролитического графита (ВОПГ), и их сравнение между собой позволило сделать вывод о кинетическом режиме.

В данной работе были исследованы такие внешнесферные электрохимические системы, как ферроцен, декаметилферроцен (в электролите на основе ацетонитрила и ДМСО) и TEMPOL (в водном электролите). Константы скорости переноса электрона в этих системах были определены методом циклической вольтамперометрии при различных скоростях развертки потенциала (1–1000 мВ/с) в трехэлектродных ячейках. Для расчета констант был использован метод Николсона [4]. Анализ полученных данных показал, что для ферроцена и TEMPOL константа скорости переноса электрона на графене на порядок ниже, чем на стеклоуглероде и ВОПГ, т.е. реализуется неадиабатический режим переноса электрона. Для декаметилферроцена, напротив, константа скорости практически не зависит от материала электрода, что свидетельствует об адиабатическом режиме.

**Литература**

1. R. Nissim, C. Batchelor-McAuley, M.C. Henstridge, R.G. Compton, Electrode kinetics at carbon electrodes and the density of electronic states, Chem Commun. 48 (2012) 3294–3296.
2. N.B. Luque, W. Schmickler, Are the reactions of quinones on graphite adiabatic?, Electrochim Acta. 88 (2013) 892–894.
3. Alina I. Inozemtseva, Artem V. Sergeev, Kirill S. Napolskii Graphene electrochemistry: ‘Adiabaticity’ of electron, Electrochimica Acta. (2022) Volume 427.
4. R.S. Nicholson, Theory and Application of Cyclic Voltammetry for Measurement of Electrode Reaction Kinetics., Anal. Chem. 37 (1965) 1351–1355.