

УДК 544.47

СИНТЕЗ КАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК И ИЗУЧЕНИЕ ИХ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

Протасов Александр Владиславович

Самарская область, г. Самара, ЧОУ Лицей №1 «Спутник», 8 класс

Научные руководители: Харитоновна Татьяна Александровна, г. Самара, ЧОУ Лицей № 1 «Спутник», учитель химии; Шафигулин Роман Владимирович, г. Самара, Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева, канд. хим. наук, доцент кафедры физической химии и хроматографии Самарского университета

Активность катализаторов в реакциях восстановления кислорода (РВК) имеет большое значение для топливных элементов. Коммерчески используемые катализаторы для данных процессов представляют собой материалы на основе Pt [1,2]. Однако такие катализаторы имеют ряд недостатков: высокую стоимость, ограниченный запас соответствующего металла в природе, что сильно ограничивает использование данных катализаторов в той или иной сфере жизни [3]. Таким образом, разработка катализаторов с высокой активностью РВК и стабильностью для замены катализаторов на основе Pt является перспективным направлением на данный момент.

В условиях отсутствия дополнительных модификаций активированные угли, сажи, углеродные нанотрубки, графены и некоторые другие углеродные материалы показывают низкую активность в реакциях восстановления кислорода [4,5,6]. Однако при создании композитных каталитических систем углеродные материалы могут выступать не только в качестве подложки, но и являться непосредственными компонентами анализируемого катализатора [7]. Таким образом, УНТ могут быть использованы в качестве катодных катализаторов топливных элементов вместо традиционных – моноплатиновых, однако требуется их дополнительная обработка (функционализация и/или допирование) [8].

В работе изучено влияние функционализации УНТ на активность катализаторов реакции восстановления кислорода. Показано, что функционализация ионной жидкостью и серебром в сравнении с исходными образцами УНТ приводит к увеличению эффективности как по величине предельного тока $i_{пр}$, так и по значению начального потенциала $E_{нач}$ реакции восстановления кислорода.

На рисунке 1 представлены сравнительные данные по активности модифицированных образцов.

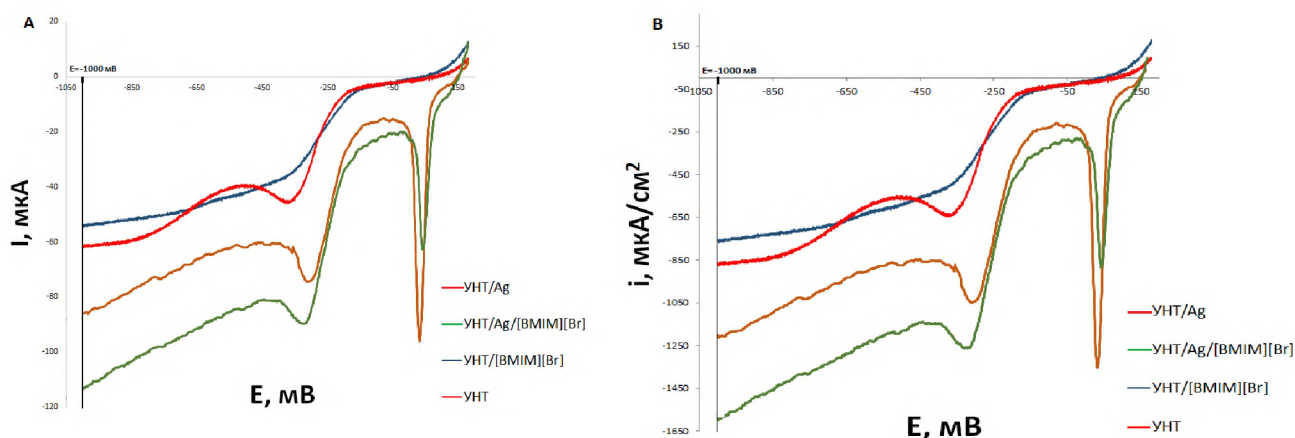


Рис. 1. Электрохимические параметры функционализированных образцов:
(А) силы тока (I , мкА); (В) плотности тока (i , мкА/см²)

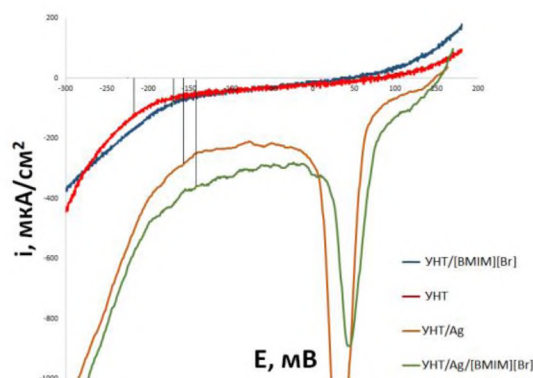


Рис. 2. Влияние функционализации на начальный потенциал реакции восстановления кислорода ($E_{нач}$, мВ)

На рисунке 2 видно, что обработка ионной жидкостью вызывает смещение начального потенциала $E_{нач}$ реакции восстановления кислорода в положительную область на 48,50 мВ. Введение серебра позволяет сместить начальный потенциал относительно исходных УНТ на 68,37 мВ. Совместное влияние серебра и ионной жидкости позволило получить следующие электрохимические характеристики: $E_{нач} = -136,88$ мВ, $i_{пр} = 1585$ мкА/см². Смещение потенциала E в данном случае составляет 86,87 мВ. Данная зависимость так же наблюдается в увеличении величины предельного тока $i_{пр}$ для образцов УНТ/Ag и УНТ/Ag/[BMIM][Br].

Таким образом, увеличение активности функционализированных образцов наблюдается в ряду УНТ < УНТ/[BMIM][Br] < УНТ/Ag < УНТ/Ag/[BMIM][Br].

Нанесение серебра на поверхность УНТ значительно улучшает исходные характеристики. Введение в состав катализатора небольших количеств ионной жидкости приводит к дополнительному усилению данного эффекта.

В таблице 1 приведены электрохимические характеристики реакции восстановления кислорода полученных катализаторов.

Таблица 1. Кинетические параметры реакции восстановления кислорода катализаторов в щелочной среде

Катализатор	E , мВ	$i_{пр}$, мкА/см ² (при $E = 1000$ мВ)	I , мкА (при $E = 1000$ мВ)
УНТ	-223,75	880	63
УНТ/[BMIM][Br]	-175,25	770	55
УНТ/Ag	-155,38	1232	88
УНТ/Ag/[BMIM][Br]	-136,88	1585	112

Список литературы:

1. Тарасевич М.Р., Давыдова Е.С. Неплатиновые катодные катализаторы для топливных элементов со щелочным электролитом (обзор) // Электрохимия. 2016. Т. 52, № 3. С. 1-30.
2. Панченко Н.В., Богдановская В.А., Радина М.В., Новиков В.Т. Модифицированные углеродные нанотрубки для положительного электрода Li-O₂ аккумулятора // Успехи в химии и химической технологии. 2020. Т. 34, № 4. 2020. С. 141-143.
3. Глебова Н.В., Нечитайлов А.А., Гурин В.Н. Особенности электровосстановления кислорода на нанокompозите платинированная углеродная сажа-функционализированные углеродные нанотрубки // Письма в ЖТФ. 2011. Т. 37, № 14. С. 32-39.
4. Шандаков С.Д., Вершинина А.И., Ломакин М.В. Допирование углеродных нанотрубок и графена // Вестник КемГУ. 2015. № 2-5 (62). С. 127-131.
5. Литинский А. О., Камнев В.В. Электронно-энергетические характеристики двустенных углеродных нанотрубок, легированных атомами щелочных металлов // Журн. Физической химии. 2013. Т. 7. № 1. С. 75-83.
6. Богдановская В.А., Радина М.В., Корчагин О.В., Капустина Н.А., Казанский Л.П. Углеродные нанотрубки, модифицированные кислород- и азотсодержащими группами, – перспективные катализаторы электровосстановления кислорода // Электрохимия. 2020. Т. 56. № 10. С. 809-820.
7. Плющ А.О., Сокол А.А., Федосеева Ю.В. Влияние допирования углеродных нанотрубок бором на электрические и электромагнитные свойства фосфатных композитных материалов // Вестник БГУ. Серия 1, Физика. Математика. Информатика. 2014. № 3. С. 40-46.
8. Богдановская В.А., Кольцова Э.М., Тарасевич М.Р. Жугаева Г.В., Кузова А.В. Высокоактивные и стабильные катализаторы на основе нанотрубок и модифицированной платины для топливных элементов // Электрохимия. 2016. Т. 52, № 8. С. 810–822.