

## Путь реакции электровосстановления кислорода на модифицированных УНТ в щелочном электролите

Вернигор И.Е., Богдановская В.А., Радина М.В., Андреев В.Н.

Аспирант, 2 год обучения

<sup>1</sup> Лаборатория электрокатализа ИФХЭ РАН,  
119071, Москва, Ленинский проспект, д. 31, корп. 4

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

Реакция восстановления кислорода (РВК) является одной из наиболее важных в практическом отношении реакций, благодаря чему, изучению ее механизма уделяется большое внимание. Определяющую роль в механизме и пути реакции играет состав поверхности электрода и его взаимодействие с раствором электролита. По имеющимся литературным данным [1,2], углеродные нанотрубки (УНТ), подвергнутые модификации различными атомами проявляют наиболее высокую активность в РВК в щелочных электролитах.

В настоящей работе, методом вращающегося дискового электрода с кольцом (ВДЭК) установлен путь РВК по мере изменения степени модифицирования поверхности УНТ атомами О, N, и FeCo, Pt. Показано, что доля реакции селективного восстановления кислорода до воды ( $n = 4$ ) увеличивается в ряду:  $\text{УНТ}_{\text{HNO}_3} < \text{УНТ}_{\text{HNO}_3\text{-N}} < \text{FeCo/УНТ}_{\text{HNO}_3} < \text{Pt/УНТ}_{\text{HNO}_3}$ , то есть возрастает число переносимых электронов (рис.1. В). Отношения каталитических констант прямой РВК до воды и реакции через промежуточное образование пероксида водорода ( $k_1/k_2$ ) для катализаторов данного ряда при 0.7 В составляет: 0.03, 0.45, 0.875, 2.15, соответственно. На  $\text{УНТ}_{\text{HNO}_3}$  РВК протекает преимущественно по двухэлектронному механизму, а в случае  $\text{УНТ}_{\text{HNO}_3\text{-N}}$  и  $\text{FeCo/УНТ}_{\text{HNO}_3}$  возрастает доля четырехэлектронной реакции восстановления кислорода непосредственно до воды. При этом, в области потенциалов близких к 0 В данные катализаторы по числу электронов приближаются к Pt-катализатору. Для  $\text{Pt/УНТ}_{\text{HNO}_3}$  отношение  $k_1/k_2 > 1$ , что свидетельствует преобладании прямого пути РВК непосредственно до  $\text{H}_2\text{O}$ .

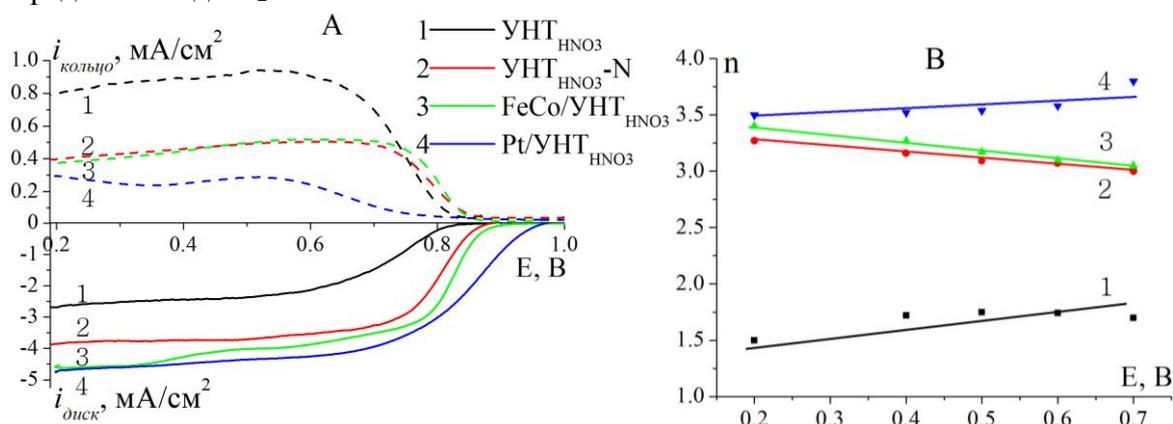


Рис. 1. **А** Поляризационные кривые восстановления  $\text{O}_2$  на дисковом электроде и соответствующие им кривые окисления  $\text{H}_2\text{O}_2$  на кольцевом электроде ( $E_{\text{к}} = 1.2 \text{ В}$ ) на модифицированных УНТ (указано на рисунке), 1500 об/мин, 0.1 М КОН, 100 мкг/см<sup>2</sup>, 5 мВ/с.; **В** Зависимость числа электронов от потенциала электрода на исследуемых УНТ

### Литература

1. Bogdanovskaya V., Vernigor I., Radina M., Andreev V., Korchagin O., Novikov, V. Carbon Nanotube Modified by (O, N, P) Atoms as Effective Catalysts for Electroreduction of Oxygen in Alkaline Media // Catalysts. 2020. Vol. 10 (8). 892.
2. Zhang X., Zhang X., Zhao S., Wang Y. Q., Lin X., Qun Tian Z., Shen P. K., Jiang S. P. Precursor modulated active sites of nitrogen doped graphene-based carbon catalysts via one-step pyrolysis method for the enhanced oxygen reduction reaction // Electrochimica Acta. 2021 Vol. 370. 137712.