**Безметальные фуллерен-содержащие фотокатализаторы восстановления молекулярного кислорода**

***Малкин Н.А.***

*Студент,6 курса специалитета*

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

*химический факультет, Москва, Россия*

*E-mail:* [maalkinn@mail.ru](https://e.mail.ru/compose?To=maalkinn@mail.ru)

Одним из востребованных направлений современной науки являются исследования в области топливных элементов. Несмотря на очевидные успехи, существует ряд проблем, среди которых можно выделить относительно невысокую скорость реакции восстановления молекулярного кислорода. Приемлемых скоростей реакции можно достичь при использовании катализаторов на основе дорогостоящих металлов платиновой группы. В последние годы ведется активная научно-исследовательская работа, направленная на поиск альтернативных каталитических систем, в частности, на основе металл-несодержащих органических молекул, что позволило бы снизить стоимость изготовления топливных элементов.

Основной идеей нашей работы является применение водородсодержащих производных фуллеренов, которые могут выступать катализаторами восстановления кислорода. В ранней работе [1] экспериментально установлено, что в присутствии производного фуллерена C60CF2H2 происходит электрокаталитическое восстановление молекулярного кислорода. Важно, что анионная форма данного соединения вступает в реакцию протонирования в присутствии слабых кислот, например, воды, регенерируя исходное соединение. Целью данной работы стало апробирование ряда водород-содержащих производных фуллеренов (C60(CF3)H, С60(СF2)H2, C70(CF3)H (2 изомера) и C70(CF2)H2) в качестве катализаторов восстановления молекулярного кислорода.

Водород-содержащие производные фуллеренов были синтезированы по литературным методикам [2] и охарактеризованы рядом физико-химических методов анализа. Оптимизация времени синтеза позволила увеличить выходы продуктов реакции. Строение C60(CF3)H впервые определено методом РСА благодаря сокристаллизации с октаэтилпорфирином никеля(II). Впервые было установлено строение двух изомеров C70CF3H. Электрохимические свойства гидридов были исследованы методом циклической вольтамперометрии. С использованием квантово-химических расчетов методом функционала плотности проведена оценка CH-кислотности ряда водородсодержащих производных фуллеренов.

Кроме того, были собраны устройства, позволяющие оценить фотокаталитическую активность водородсодержащих производных фуллеренов в реакции восстановления молекулярного кислорода. Установлено, что использование синтезированных гидридов приводит к увеличению фотокаталической активности устройств в 2–4 раза, достигнуто рекордное значение катодного тока в 40 мкА/см2, что превосходит имеющиеся на сегодняшний день литературные металл-несодержащие органические аналоги [3]. Также была обнаружена линейная корреляция между плотностью тока и константой кислотности синтезированных акцепторов.

**Литература**

1. A.V. Rybalchenko, T.V. Magdesieva, V.A. Brotsman, N.M. Belov, V.Yu. Markov, I.N. Ioffe, Adrian Ruff, Paul Schuler, Bernd Speiser, Jürgen Heinze, L.N. Sidorov, A.A. Goryunkov. Electrochimica Acta 174 (2015) 143-154.
2. V.P. Bogdanov, V.A. Dmitrieva, V.A. Ioutsi, N.M. Belov, A.A. Goryunkov. J. Fluor. Chem. 226 (2019) 109344.
3. R.M.Giron, Juan Marco-Martınez, Sebastiano Bellani, Alberto Insuasty, Hansel Comas Rojas, Gabriele Tullii, Maria Rosa Antognazza, Salvatore Filippone, Nazario Martın. J. Mater. Chem. A 4 (2016) 14284.