

Конаков А. О<sup>1,2</sup>., Золотухина Е. В.<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>ИПХФ РАН, г. Черноголовка, РФ

<sup>2</sup>МГУ имени Ломоносова, г. Москва, РФ

<sup>3</sup>МФТИ, г. Долгопрудный, РФ

## ЭЛЕКТРОКАТАЛИТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ГИБРИДНОГО МАТЕРИАЛА CuI-CuO-PPy В ОТНОШЕНИИ ФОРМАЛЬДЕГИДА

Экспрессное определение формальдегида (особенно в концентрациях на уровне мкМ) является одной из важных задач в химических промышленных производствах, а также мониторинге содержания формальдегида в экологической системе [1]. Для определения формальдегида в растворах наиболее часто используются такие методы как хроматография, однако наиболее перспективным в плане скорости и экономичности является электрохимический метод, основанный на избирательном электроокислении формальдегида на различных катализаторах [1]. В работе нашей группы [1] был получен композитный материал Pd-PPy (полипиррол), который продемонстрировал высокую каталитическую активность в отношении формальдегида. Однако, данный материал содержит драгоценный металл – палладий, что значительно увеличивает стоимость таких катализаторов. Поэтому актуальной задачей является поиск более доступных материалов, которые могут быть использованы для электроокисления формальдегида.

С этой целью был получен композитный материал CuI-PPy [2]. Химическими методами получить отдельные кристаллы CuI достаточно трудно, из-за быстрой реакции между ионами меди и йода. Получение композиционного материала CuI-PPy в одну стадию позволяет, варьируя только концентрации реагентов, получать материал с содержанием кристаллов CuI преимущественно как нанодисперсной фазы (10-30 нм), так и микродисперсной (1-4 мкм). Также кристаллы CuI окружены полипирролом, что несколько снижает свободную площадь поверхности, однако может предотвращать поверхность от окисления, что важно при длительной работе катализатора [3]. Йодид меди активно используется при катализе органических реакций, однако сообщается о его использовании при электроокислении муравьиной кислоты [2]. В нашей работе [2] было показано, что полученный материал обладает электрохимической активностью, однако в щелочной среде происходит поверхностное окисление йодида меди до оксидов меди разной валентности.

Целью данной работы было проверка электрокаталитических свойств композиционного материала CuI-PPy в отношении формальдегида.

Йодид меди получали химическим методом в одну стадию путем смешения сульфата меди и йодида калия. Йодид меди полипиррол получали по методике, приведенной в [2]. Полученный материал наносили капельным методом на стеклоуглеродный электрод, в качестве электролита был выбран раствор 0.1 М NaOH в соответствии с рекомендациями [1]. Поскольку поверхность йодида меди окисляется в щелочной среде, то предварительно уже нанесенный материал на электроде анодировали в потенциостатическом режиме. После этого, в потенциостатическом режиме при 0.4 В по х.с.э. проводили окисление формальдегида с регистрацией хроноамперограмм. Потенциал окисления формальдегида был выбран по данным вольтамперометрического анализа, исходя из потенциала начала окисления формальдегида.

На рисунке 1 представлены данные сканирующей электронной микроскопии для окисленного CuI (а) и окисленного CuI-PPy (б).

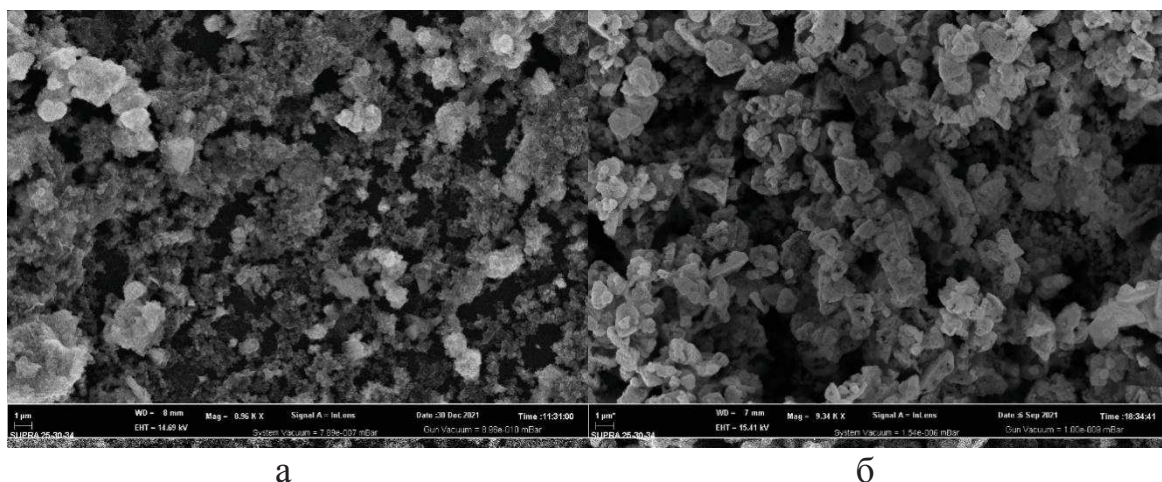


Рис 1. Микрофотографии поверхности окисленного CuI (а) и CuI-PPy (б)

На рисунке 2 представлены типичные данные хроноамперограмм окисления формальдегида в 0,1 М NaOH, а также данные стационарных токов окисления формальдегида на CuO-CuI и CuO-CuI-PPy.

По данным сканирующей электронной микроскопии морфология CuO-CuI незначительно отличается от поверхности CuO-CuI-PPy. При этом по данным хроноамперограмм наблюдается существенное различие (примерно в 3 раза) в стационарных токах окисления формальдегида на материалах CuO-CuI и CuO-CuI-PPy.

Данные различия можно объяснить как истинной поверхностью материалов, так и блокированием полипиррола части поверхности кристаллов CuI. Также в случае окисления формальдегида на CuO-CuI-PPy линейный диапазон токов значительно шире, чем на CuO-CuI (65 мМ против 35 мМ формальдегида), что является важным для электроаналитики.

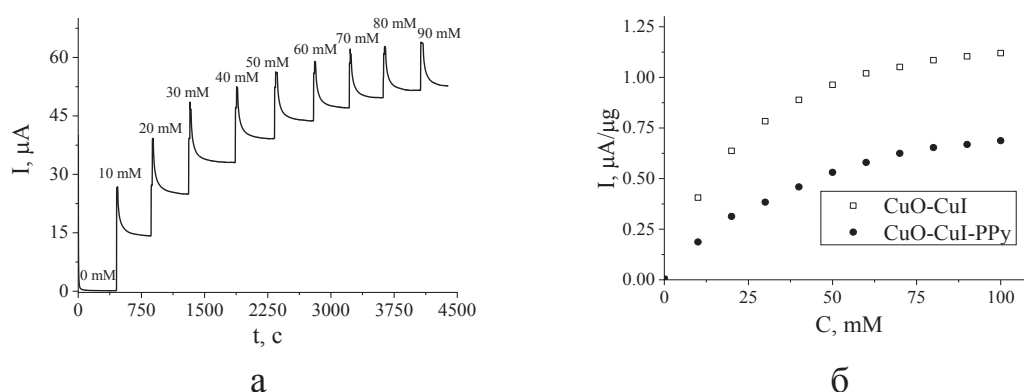


Рис 2. Типичные хроноамперограммы окисления формальдегида (а), результаты зависимостей стационарных токов окисления формальдегида на CuO-CuI и CuO-CuI-PPy (б)

*Благодарности.* Работа выполнена по теме государственного задания 0089-2019-0007, номер государственной регистрации АААА-А19-119061890019-5.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Gor'kov, K. V. [et. al.] Palladium-polypyrrole composites as prospective catalysts for formaldehyde electrooxidation in alkaline solutions / K. V. Gor'kov, N. V. Talagaeva, S. A. Kleinikova, N. N. Dremova, M. A. Vorotyntsev, E. V. Zolotukhina // *Electrochimica Acta* – 2020. № 345. – P. 136164.
2. Konakov, A. O. [et. al.] One-pot synthesis of copper iodide-polypyrrole nanocomposites / A. O. Konakov, N. N. Dremova, I. I. Khodos, M. Koch, E V. Zolotukhina, Y. E. Silina // *Chemosensors* – 2021. № 9 (3). – P. 56.
3. Saadat, S. [et. al.] Copper (I) iodide nanoparticles on polyaniline as a green, recoverable and reusable catalyst for multicomponent click synthesis of 1, 4-disubstituted-1H-1, 2, 3-triazoles / S. Saadat, S. Nazari, M. Afshari, M. Shahabi, M. Keshavarz // *Orient J Chem* – 2015. № 31 (2). – P.1005-1012.