

**Пономарец А. Д.<sup>1</sup>, Субботин Р. С.<sup>1</sup>**

**Научный руководитель – доктор химических наук, профессор Кривошапкин П. В.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Университет ИТМО  
ponomarets@pish.itmo.ru

Работа выполнена в рамках темы НИР 925047 «Лаборатория каталитических систем на основе высокоэнтропийных материалов».

### **Введение**

Реакция электрохимического восстановления углекислого газа (CO<sub>2</sub>RR) является ключевым процессом для замыкания углеродного цикла. Однако вследствие высокой термодинамической устойчивости молекулы CO<sub>2</sub>, а также низкой селективности и стабильности большинства катализаторов, промышленное внедрение данной технологии до сих пор ограничено.

Медь является единственным известным катализатором, способным обеспечивать образование продуктов с числом атомов углерода C<sub>2</sub>+ за счёт оптимальной энергии сорбции и стабилизации интермедиата CO\*, а также способности существовать в мультивалентных состояниях [1]. Стабилизация соотношения Cu<sup>+</sup>/Cu<sup>0</sup> может способствовать увеличению времени работы катализатора при высокой фарадеевской эффективности [2].

### **Основная часть**

Продукты C<sub>2</sub>+ в реакции CO<sub>2</sub>RR представляют наибольший практический интерес ввиду их высокой экономической ценности. Модификация катализатора позволяет продлить селективность по отношению к данным продуктам и приблизить систему к индустриально применимым характеристикам.

Восстановление деградировавшего катализатора также представляет значительный интерес, поскольку позволяет продлить срок его службы без полной замены.

Для получения мультивалентного состояния меди был синтезирован оксид меди (I) (Cu<sub>2</sub>O). После проведения физико-химической характеристики, в электрохимической ячейке происходило его частичное восстановление до металлической меди (Cu<sup>0</sup>). О протекании данного процесса свидетельствуют форма циклических вольтамперограмм (CV), а также результаты рентгенофазового анализа (XRD).

Электрохимическая характеристика полученной системы показала увеличение плотности тока, связанное с протеканием реакции CO<sub>2</sub>RR.

Все эксперименты проводились в электрохимической проточной ячейке (flow-cell), обеспечивающей непрерывный отвод продуктов реакции и циркуляцию электролита.

### **Выводы**

Полученная каталитическая система представляет интерес для дальнейшего изучения в контексте поддержания мультивалентного состояния меди за счёт электрохимического восстановления, что может способствовать сохранению высокой фарадеевской эффективности во времени.

На данном этапе подтверждена каталитическая активность системы в реакции  $\text{CO}_2\text{RR}$ . Дальнейшие исследования будут направлены на определение состава продуктов реакции и изучение зависимости селективности от времени работы катализатора.

В перспективе подобный подход может быть использован для промышленной переработки  $\text{CO}_2$  с управлением состоянием катализатора электрохимическими методами.

### Литература

1. Kok J. et al. Interrogation of oxidative pulsed methods for the stabilization of copper electrodes for  $\text{CO}_2$  electrolysis //Journal of the American Chemical Society. – 2024. – Т. 146. – №. 28. – С. 19509-19520.
2. Zhang R. et al. Highly stability  $\text{Cu}^+$  species in hollow  $\text{Cu}_2\text{O}$  nanoreactors by modulating cavity size for  $\text{CO}_2$  electroreduction to  $\text{C}_2^+$  products //Chemical Engineering Journal. – 2023. – Т. 461. – С. 142052.

Автор \_\_\_\_\_ Пономарец А. Д.

Научный руководитель \_\_\_\_\_ Кривошапкин П. В.