

УДК 541.13

СЕЛЕКТИВНОЕ ЭЛЕКТРОВОССТАНОВЛЕНИЕ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА ДО ФОРМИАТА НА ВЫСОКОДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛАХ НА ОСНОВЕ ОЛОВА И МЕДИ

Р.З. Файзуллин^{1*}, М.И. Гуськова¹, Э.Е. Левин², В.А. Никитина^{1,2}

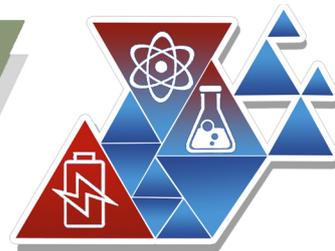
¹Центр энергетических технологий, Сколковский институт науки и технологии, Москва, Россия

²Химический факультет Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

*e-mail: Ruslan.Faizullin@skoltech.ru

Низкотемпературное электрохимическое восстановление углекислого газа в водных растворах является перспективным методом получения продуктов с высокой добавленной стоимостью, таких как этиловый спирт, этилен, муравьиная кислота. Особый интерес представляет получение муравьиной кислоты или формиатов, поскольку в данном случае восстановление углекислого газа сопровождается переносом всего двух электронов, что позволяет значительно снизить прогнозируемые затраты электроэнергии на осуществление данного процесса. При этом конечный продукт электролиза углекислого газа может быть использован в производстве полимеров, удобрений, а также как прекурсор для синтеза более сложных соединений. Основными металлами, используемыми в качестве электрокатализаторов для получения формиата путем электрохимического восстановления CO_2 , являются олово и висмут. Катализаторы на их основе характеризуются высокой селективностью по отношению к муравьиной кислоте [1,2], однако энергоэффективность процесса достаточно низка, поскольку целевая реакция конверсии CO_2 в формиат происходит при очень высоких катодных перенапряжениях (около 1 В). Помимо этого, в ходе электролиза структура и состав данных электрокатализаторов изменяется, вследствие чего катализатор перестает быть селективным [3]. В работе [4] было показано, что гетероструктуры на основе олова и меди (наночастицы меди, покрытые тонким слоем олова) позволяют добиться практически 100% селективности конверсии CO_2 в формиат. Однако, возможность практического применения подобных электрокатализаторов сомнительна ввиду невысокой электрохимической стабильности биметаллических структур типа «ядро-оболочка» в условиях электролиза. Таким образом, на сегодняшний день большой интерес представляет изучение электрокаталитической активности стабильных бинарных соединений меди и олова.

В настоящей работе проведено сравнительное исследование активности и селективности высокодисперсных электрокатализаторов на основе олова и интерметаллического соединения Cu_6Sn_5 в реакции электрокаталитической конвер-



сии углекислого газа в формиат. Электрокатализаторы получены в виде электролитических осадков на оловянной и медной подложках. Высокая дисперсность электрокатализаторов была достигнута за счет выделения водорода в процессе электроосаждения, что позволило получить исследуемые соединения в форме металлических пен.

Структуру и морфологию материалов электрокатализаторов до и после длительного электролиза исследовали методами рентгенофазового анализа и сканирующей электронной микроскопии. Электрохимические измерения проводили в мембранной ячейке, заполненной раствором бикарбоната калия. Концентрацию формиата в растворах после продолжительного электролиза определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии.

Полученные результаты позволили сравнить активность и селективность по отношению к электросинтезу формиата электрокатализаторов на основе Sn и Cu_6Sn_5 , а также сделать вывод о стабильности материалов в условиях длительного электролиза. Полученные данные будут в дальнейшем использованы для разработки прототипа реактора для электросинтеза формиата путем восстановления углекислого газа.

Список литературы

1. Choi Y.-W., Scholten F., Sinev I. // J. Am. Chem. Soc. 2019. V. 141, P. 5261–5266.
2. Han N., Wang Y., Deng J. // J. Mater. Chem. A 2019. V. 7. P. 1267–1272.
3. Ning S., Wang J., Xiang D. // J. Catal. 2021. V. 399. P. 67–74.
4. Hou X., Cai Y., Zhang D. // J. Mater. Chem. A 2019. V. 7. P. 3197–3205.