

ЭЛЕКТРОХЕМИЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ ЛЮМИНОЛА ДЛЯ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ИОНОВ МЕТАЛЛОВ В РАСТВОРАХ

Никитин И.Ю.¹, Симоненко Г.Р.¹, Буев И.Д.¹,

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор

Вартанян Т.А.¹

¹Университет ИТМО

265396@niuitmo.ru

Работа выполнена в рамках темы НИР №624093 Исследование закономерностей электрохемилюминесценции люминола для химических и биологических сенсоров»

Введение

Электрохемилюминесцентные сенсоры, использующие излучение, генерируемое вследствие электрохимических реакций, находят многочисленные применения, в медицине для диагностики различных заболеваний, а также – в экологии для детектирования ионов тяжелых металлов в водных растворах [1–3]. Последнее приложение особенно актуально, так как накопление тяжелых металлов в организме человека ведет к тяжелым заболеваниям респираторной, нервной и репродуктивной систем человеческого организма [4–6]. Электрохемилюминесцентные сенсоры, используемые в настоящее время для детектирования ионов металлов в водных растворах, требуют для своей работы сложные электрохемилюминофоры и функционализированные электроды, из-за чего ухудшается воспроизводимость измерений [7,8]. Созданная в рамках данной работы электрохимическая ячейка с простыми и устойчивыми металлическими электродами позволила зафиксировать электрогенерируемую хемилюминесценцию люминола, обусловленную присутствием в растворе хлорида натрия, и исследовать зависимость ее интенсивности от концентрации хлорида натрия и состава электролита.

Основная часть

Процесс генерации электрохемилюминесценции (ЭХЛ) происходил в потоковой электрохимической ячейке, состоящей из двух электродов, разделенных кольцеобразной резиновой прокладкой толщиной 1 мм. Герметичность обеспечивалась механическим сжатием всей конструкции. В качестве анода выступал диск из нержавеющей стали, покрытый слоем золота, в котором было проделано два отверстия для ввода и вывода электролита. Катодом являлась полупрозрачная пленка титана толщиной 30 нм, нанесенная на стеклянную подложку. Через ячейку при помощи шприцевого насоса прокачивался электролит на основе люминола концентрацией 500 мкМ, в смеси с хлоридом натрия. Концентрация хлорида натрия варьировалась от 0% до 10% по массе. Напряжение на лабораторном блоке питания поддерживалось на уровне 4,5 В. Значения силы тока регистрировались с помощью амперметра на том же блоке. Интенсивность электрогенерируемой хемилюминесценции измерялась при помощи фотоэлектронного умножителя, передающего данные на компьютер. Получены кинетики ЭХЛ для различных концентраций хлорида натрия в водном растворе. Зафиксировано увеличение интенсивности ЭХЛ в присутствии большего количества хлорида натрия в растворе. Хлорид натрия в составе электролита выступает в качестве прекурсора для генерации гипохлорита натрия и хлорноватистой кислоты, являющихся сильными окислителями люминола [9,10]. В буферном растворе PBS с pH = 7,4 увеличение интенсивности ЭХЛ с увеличением концентрации замедляется, что может быть связано с тем, что в водном растворе без буфера pH дополнительно увеличивается из-за образования гидроксида натрия в качестве побочного продукта электрохимической реакции.

Выводы

Созданная установка позволяет регистрировать хемилюминесценцию люминола, интенсивность которой пропорциональна концентрации хлорида натрия. Установлено, что в присутствии буфера, фиксирующего рН раствора, эта зависимость ослабляется. Полученные результаты служат основой для создания электрохемилюминесцентных сенсоров на ионы различных металлов.

Литература

1. Horiuchi T., Niwa O., Hatakenaka N. Evidence for laser action driven by electrochemiluminescence // *Nature*. 1998. Vol. 394, № 6694. P. 659–661.
2. Ma C. et al. Recent Progress in Plasmonic based Electrochemiluminescence Biosensors: A Review // *Biosensors*. 2023. Vol. 13, № 2.
3. Hanif S. et al. Electrochemiluminescence of Luminol-Tripropylamine System // *Electrochim. Acta*. Elsevier Ltd, 2016. Vol. 196. P. 245–251.
4. Hu H. et al. An electrochemiluminescence device for visualized detection of lead in practical samples // *RSC Adv. Royal Society of Chemistry*, 2024. Vol. 14, № 48. P. 35232–35238.
5. Malik L.A. et al. Detection and removal of heavy metal ions: a review // *Environmental Chemistry Letters*. Springer Verlag, 2019. Vol. 17, № 4. P. 1495–1521.
6. He Y. et al. A novel electrochemiluminescence biosensor based on the self-ECL emission of conjugated polymer dots for lead ion detection // *Microchim. Acta*. Springer, 2020. Vol. 187, № 4.
7. Wu P. et al. Semiconductor quantum dots-based metal ion probes // *Nanoscale*. 2014. Vol. 6, № 1. P. 43–64.
8. Bouffier L. et al. Lighting up redox propulsion with luminol electrogenerated chemiluminescence // *ChemElectroChem*. 2014. Vol. 1, № 1. P. 95–98.
9. Kamel M. et al. Effect of additives and electrode roughness on the production of hypochlorite sanitizer by the electrolysis of NaCl solution in a batch recycle reactor // *Chem. Eng. Process. - Process Intensif.* Elsevier B.V., 2022. Vol. 176. P. 108959.
10. Bechtold T. et al. On-site formation of hypochlorite for indigo oxidation - Scale-up and full scale operation of an electrolyser for denim bleach processes // *J. Appl. Electrochem*. 2006. Vol. 36, № 3. P. 287–293.