

Для установления параметров электроокисления эвгенола на разработанном электроде рассмотрено влияние рН фонового электролита и скорости сканирования потенциала на вольтамперные характеристики эвгенола. Изменение рН фонового электролита (универсального буферного раствора) от 2,0 до 12 показало катодное смещение потенциала окисления эвгенола с ростом рН. Это свидетельствует об участии протонов в электродной реакции. Увеличение рН универсального буферного раствора приводит к статистически достоверному уменьшению токов окисления, что характерно для фенольных сое-

динений и связано с окислением аналита кислородом воздуха. Максимальные токи регистрируются при рН 2,0.

Изменение токов окисления эвгенола при варьировании скорости сканирования потенциала показало линейную зависимость токов окисления от $v^{1/2}$ и тангенс угла наклона $\ln I = f(\ln v)$, равный 0,59. Эти данные подтверждают диффузионную природу электродной реакции. Рассчитаны параметры электроокисления эвгенола (коэффициент анодного переноса, число электронов, коэффициент диффузии и стандартная гетерогенная константа скорости переноса электрона).

Список литературы

1. Ziyatdinova G., Kalmykova A., Kupriyanova O. // *Antioxidants*, 2022. – V. 11. – № 9. – Article 1749.
2. Singh A., Ghosh Sachan S., Kumar M., Sachan A. // *J. Sep. Sci.*, 2020. – V. 43. – P. 877–885.
3. Huang Y., Li Q., Zhang Y., Meng Z., Yuan X., Fan S., Zhang Y. // *J. Food Quality*, 2021. – V. 2021. – Article 9438853.
4. Ke C., Liu Q., Li L., Chen J., Wang X., Huang K. // *J. Chromatogr. B.*, 2016. – V. 1031. – 189–194.
5. Maciel J. V., Silva T. A., Dias D., Fatibello-Filho O. // *J. Solid State Electrochem*, 2018. – V. 22. – № 7. – P. 2277–2285.
6. Yildiz G., Aydogmus Z., Cinar M. E., Senkal F., Ozturk T. // *Talanta*, 2017. – V. 173. – P. 1–8.
7. Ziyatdinova G., Ziganshina E., Romashkina S., Budnikov H. // *Electroanalysis*, 2017. – V. 29. – № 4. – P. 1197–1204.
8. Shi Z., Xia L., Li G., Hu Y. // *Microchim. Acta*, 2021. – V. 188. – № 7. – Article 241.
9. Ziyatdinova G., Zhupanova A., Davletshin R. // *Sensors*, 2022. – V. 22. – № 1. – Article 288.

ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ РИВАРОКСАБАНА

М. Карташов^{1,2}, Е. И. Короткова¹, J. Вареk²

Научный руководитель – д.х.н., профессор, заведующий на правах кафедры ОХИ ТПУ Е. И. Короткова

¹ФГАОУ ВО Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, Россия, Томск, проспект Ленина, 30, maks99661@gmail.com

²Charles University, Faculty of Science, UNESCO Laboratory of Environmental Electrochemistry
Hlavova 2030/8, CZ-128 43 Prague 2, Czech Republic

Ривароксабан (РИВ, CAS номер: 366789-02-8) – на основе оксазолидинона, является мощным, селективным прямым ингибитором фактора Ха, который используется для профилактики венозной тромбоэмболии у взрослых пациентов после тотального эндопротезирования тазобедренного сустава или тотального эндопротезирования коленного сустава [1]. Ривароксабан может быть использован для тромбопрофилактики у амбулаторных пациентов COVID-19 с высоким риском венозной тромбоэмболии [2].

На данный момент существует только две вольтамперометрические методики, предназна-

ченные для определения РИВа [3, 4], что говорит о необходимости разработки новых вольтамперометрических методик.

В исследовании была использована трехэлектродная электрохимическая ячейка состоящая из – вспомогательного электрода из платиновой проволоки, хлорид-серебряного (3М KCl) электрода сравнения (все потенциалы приведены относительно этого электрода), а также изготовленного в лаборатории рабочий электрод m-AgSAE (модифицированный мениском электрод из твердой амальгамы серебра) – диаметр диска 0,50 мм.

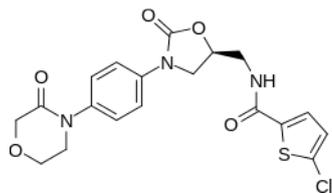


Рис. 1. Химическая структура РИВ

Поиск оптимального pH методом циклической вольтамперометрии (ЦВ) проводился в диапазоне pH 4,0–10,0. Самое большое значение высоты катодного и анодного пиков было зарегистрировано при pH = 7,0. Но при pH = 8,0 катодный пик более стабилен. На основании этого факта данный pH был выбран как оптимальный для дальнейших экспериментов. Потенциалы анодного и катодного пиков не зависят от pH, что означает, что в электрохимическом окислении и восстановлении РИВ не участвуют протоны. Также было установлено, что электродный процесс является квазиобратимым.

Зависимость высоты пика от скорости развертки потенциала в буфере Бриттона-Робинсона (БР) показал линейную зависимость I_p от $v^{1/2}$: I_p (нА) = 1,286 $v^{1/2}$ (мВ·с⁻¹) – 3,306, $R^2 = 0,9973$ (для анодного пика), I_p (нА) = 0,696 $v^{1/2}$ (мВ·с⁻¹) – 0,844, $R^2 = 0,9971$. Результаты показывают, что как электрохимическое восстановление, так и окисление РИВ на m-AgSAE являются диффузионно-контролируемым процессом. Десятичный логарифм высоты пиков линейно возрастал с увеличением скорости развертки. Тангенсы угла наклона $\log I_p$ против $\log v$ были равны 0,756 (для анодного пика) и 0,582 (для

катодного пика). В обоих случаях значение тангенса угла наклона больше 0,5, что указывает на то, что адсорбция происходит в условиях ограниченной диффузии.

Для дифференциально-импульсной вольтамперометрии (ДИВ) оптимизация pH проводилась аналогично ЦВ в диапазоне от 4,0 до 10,0. Наибольшее значение высоты пика было при pH = 8,0.

В результате оптимизации инструментальных параметров применяемых в ДИВ. На основании формы и высоты пика было решено использовать потенциальный импульс равным 125 мВ и время модуляции равному 100 мс.

Также было исследовано влияние потенциала накопления ($E_{\text{нак}}$) и времени накопления ($t_{\text{нак}}$). Самый высокий пик был зарегистрирован при $E_{\text{нак}} -1,2$ В. С увеличением потенциала накопления пик смещался в сторону более положительных значений. Оптимизация времени накопления проводилась дважды. В первый раз концентрация аналита составляла $5 \cdot 10^{-6}$ моль л⁻¹, во второй $5 \cdot 10^{-7}$ моль л⁻¹. Максимальное значение высоты пика при концентрации $5 \cdot 10^{-6}$ моль л⁻¹ было достигнуто на 30 с, при $5 \cdot 10^{-7}$ моль л⁻¹ на 60 с.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 19-53- 26001), Чешского научного фонда (проект GACR 20-01417J) и государственного задания РФ «Наука» FSWW-2020-0022. Благодарим за оперативную материально-техническую и интеллектуальную поддержку Metrohm.CZ (<https://www.metrohm.com/cs-cz/>).

Список литературы

1. A. G. Turpie, M. R. Lassen, B. L. Davidson, K. A. Bauer, M. Gent, L. M. Kwong, F. D. Cushman, P. A. Lotke, S. D. Berkowitz, T. J. Bamdel, et al. *Lancet* 373 (2009) 1673–80.
2. G. T. Gerotziafas, M. Catalano, M. P. Colgan et al., *Thrombosis and Haemostasis* 120 (2020) 1597–1628.
3. I. Suslu, M. Celebier, S. Altinoz, *Analytical Methods* 6 (2014) 997–9403.
4. N. Festinger, S. Smarzewska, W. Ciesielski, *Diamond and Related Materials* 118 (2021) 0925–9635.