

М. Сиддики<sup>1</sup> и М. Аль-Малак<sup>2</sup>

## МЕХАНИЗМ РАЗЛОЖЕНИЯ ФЕНОЛА ЭЛЕКТРООКИСЛЕНИЕМ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЭЛЕКТРОДОВ ИЗ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ

<sup>1</sup>Проектно-конструкторские и технологические услуги, г. Хобар;

<sup>2</sup> Университет нефти и полезных ископаемых им. короля Фахда,  
г. Дахран, Саудовская Аравия  
mahmood131@gmail.com

Изучена схема разложения фенола посредством электрохимического окисления в водном растворе при использовании электродов из нержавеющей стали марки AISI 304. Увеличение pH, обусловленное образованием NaOH в водном растворе, является критическим для предложенного механизма разложения, поскольку депротонирование фенола возникает при  $\text{pH} \geq 10$ . Феноксид-анион, полученный в результате депротонирования, является резонансно стабилизированным. Установлено, что ионы  $\text{Fe}^{3+}$  (катализатор Льюиса), выделившиеся из анода из нержавеющей стали, и газообразный хлор, образованный в результате электролиза хлорида натрия, определяют хлорирование феноксид-аниона, способствующего образованию 2-, 4-, 6-замещенных хлорфенолов. Предложен механизм, разъясняющий возможную схему разложения фенола при указанных выше условиях.

Ключевые слова: депротонирование, сточные воды, фенол, феноксид-анион, электроокисление, электролиз.

Введение. Фенол – это распространенный компонент в сбросах промышленных сточных водах [1, 2], известный своей стойкостью (трудностью разложения), биоаккумуляцией и токсичностью, что делает его потенциальным источником дестабилизации в традиционных установках по очистке сточных вод [3, 4]. При очистке водных растворов с высокой концентрацией фенола наиболее эффективны методы Фентона [5, 6], фото-Фентона [7 – 9], электро-Фентона [10, 11],  $\text{O}_3/\text{УФ}$ ,  $\text{O}_3/\text{H}_2\text{O}_2$  [12, 13] и водовоздушного окисления (окисления влажным воздухом) [14, 15]. Электрохимические методы также с успехом применяются при удалении фенола [16 – 18].

© М. Сиддики, М. Аль-Малак, 2016

ISSN 0204–3556. Химия и технология воды, 2016, т.38, №1

47

- [16] De Souza R.B., Ruotolo L.A. // *Int. J. Electrochem. Sci.* - 2013. - 8. - P. 643 - 657.
- [17] Li M., Feng C., Hu W., Zhang Z., Sugiura N. // *J. Hazard. Materials.* - 2009. - 162, N1. - P. 455 - 462.
- [18] Bahadir K., Bekir S., Abdurrahman T.// *J. Chem. Technol. and Biotechnol.* - 2002. - 77, issue 1. - P. 70 - 76.
- [19] Li X., Cui Y., Feng Y., Xie Z., Gu J.// *Water Res.* - 2005. - 39, N10. - P. 1972 - 1981.
- [20] Feng Y.J., Li X.Y.//*Ibid.* - 2003. - 37, N10. - P. 2399 - 2407.
- [21] Comninellis C.// *Electrochim. Acta.* - 1994. - 39. - P. 1857 - 1862.
- [22] Tahar N.B., Savall A.//*J. Appl. Electrochem.* - 1999. - 29. - P. 277 - 283.
- [23] Zhu K., Zhang W., Wang H., Xiao, Z.// *Water.* - 2008. - 36. - P. 97 - 102.
- [24] Ciriaco L., Santos D., Pacheco M.J., Lopes A. // *J. Appl. Electrochem.* - 2012. - 41, issue 5. - P. 577 - 587.
- [25] Thomas F.O., Tilak V.B., Fumio H. *Handbook of Chlor-Alkali Technology.* - New York: Springer, 2005. - Vol.1, Ch.2. - 1580 p.
- [26] McMurry J. *Organic Chemistry.* - [7th ed.]. - Belmont: Cengage Learning, 2007. - 1314 p.
- [27] Li Y.S., Spiegel M.//*J. Corrosion Sci. and Eng.* - 2003. - Vol. 6. - preprint 77.
- [28] Carey F.A., Sundberg R.J. *Advanced Organic Chemistry.* - New York: Springer, 1977. - 120 p.
- [29] Ureta-Zanartu M.S., Mora M.L., Diez M.C., Berrios C., Ojedal, J., Gutierrez C. // *J. Appl. Electrochem.* - 2002. - 32. - P. 1211 - 1218
- [30] Canizares P., Martinez J., Garcia-Gomez J., Saez C., Rodrigo M.A.//*Ibid.* - 2002. - 32. - P. 1241 - 1246.

Поступила в редакцию 11.03.2013 г.