

**Л.В. ТРУБНИКОВА**, канд. техн. наук, ст. наук. спів., НТУ «ХП»,  
**В.М. АРТЕМЕНКО**, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХП», м. Харків,  
**А.О. МАЙЗЕЛІС**, аспірант, НТУ «ХП», м. Харків,  
**І.М. ПОЛЕВИК**, студент, НТУ «ХП», м. Харків, Україна

## ОКИСНЕННЯ ФЕНОЛУ НА Pt і SnO<sub>2</sub> – Sb<sub>x</sub>O<sub>y</sub> АНОДАХ

Представлені результати дослідження анодного окиснення фенолу на Pt й SnO<sub>2</sub>-Sb<sub>x</sub>O<sub>y</sub> електродах. Виявлено збільшення перенапруги виділення кисню на 250 мВ на діоксидноолов'яних електродах у порівнянні з платиновими. Показано, що окиснення фенолу відбувається за різним механізмом на платиновому й допованих діоксидолов'яних електродах.

Представлены результаты исследования анодного окисления фенола на Pt и SnO<sub>2</sub>-Sb<sub>x</sub>O<sub>y</sub> электродах. Выведено увеличение перенапряжения выделения кислорода на 250 мВ на диоксидоловянных электродах по сравнению с платиновыми. Показано, что окисление фенола происходит по различному механизму на платиновом и допированных диоксидоловянных электродах.

We study the anodic oxidation of phenol on Pt and SnO<sub>2</sub>-Sb<sub>x</sub>O<sub>y</sub> electrodes. The increase of the oxygen evolution overpotential up to 250 mV on the tin dioxide electrodes in comparison with the platinum ones is revealed. We show that the phenol oxidation on the platinum and doped tin dioxide electrodes follows different mechanisms.

**Вступ.** Доповані сурмою діоксидолов'яні аноди SnO<sub>2</sub> – Sb<sub>x</sub>O<sub>y</sub> мають значну перенапругу виділення хлору й кисню, високий струм обміну щодо деяких реакцій. У тестовій реакції окиснення фенолу вони мають деякі переваги у порівнянні з платиновими і діоксидносвинцевими [1]. Швидкість окиснення фенолу на цих електродах набагато вища за швидкість на платині та діоксиді свинцю [2].

При електрохімічному знешкодженні на платиновому та на допованому сурмою діоксидноолов'яному електродах ступінь окиснення органічних речовин складає до 38 % і 90 % (по загальному вуглецю) відповідно [2]. До того ж, кількість проміжних ароматичних сполук на діоксидноолов'яному аноді дуже мала у порівнянні з платиновим.

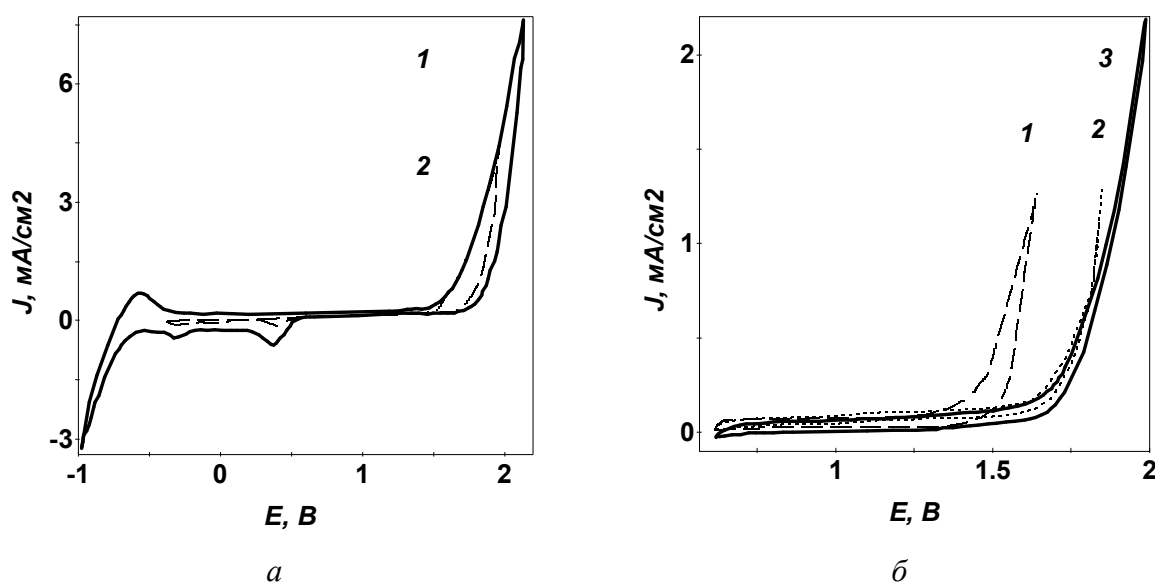
Разом з тим, термін служби діоксидноолов'яних анодів в значній мірі залежить від способу їх виготовлення. Електроди, отримані електрохімічним способом, мають більший термін служби і характеризуються вищою каталітичною активністю у реакціях окиснення органічних речовин [3].

**Методика досліджень.** Електролітичне окиснення фенолу вивчали шляхом аналізу циклічних хроновольтамперних залежностей, отриманих за допомогою потенціостату ПІ-50.1.

Порівнювали 2 варіанти  $\text{SnO}_2 - \text{Sb}_x\text{O}_y$  електродів з однаковою товщиною шару робочого покриття: в першому випадку – одношаровий електрод, у другому – багатшаровий ламінат. Електрохімічну активність електродів оцінювали за реакцією окиснення фенолу в розчинах, що мають рН 9, у порівнянні з перебігом цієї реакції на платиновому електроді. Потенціали на рисунках наведені за водневою шкалою.

**Результати досліджень.** На циклічних вольтамперних залежностях на платиновому електроді у фоновому  $0,5$  моль/дм<sup>3</sup> розчині сульфату натрію при відхиленні від стаціонарного потенціалу в катодному напрямку спостерігається тільки процес виділення водню. Висота анодного піку його іонізації збільшується зі зсувом області сканування потенціалів у бік електронегативних значень.

При розгорненні потенціалу в анодному напрямку (рис. 1 а) до області потенціалів виділення кисню з гідроксид-іону при зворотному ході кривої має місце лише один катодний пік при потенціалі близько  $0$  В.



Анод: а, 1 б – Pt, 2 б – одношаровий  $\text{SnO}_2 - \text{Sb}_x\text{O}_y$ ; 2 а – ламінат  $\text{SnO}_2 - \text{Sb}_x\text{O}_y$

Рис. 1. ЦВА в розчині фону  $0,5$  моль/дм<sup>3</sup>  $\text{Na}_2\text{SO}_4$

Збільшення області сканування в анодному напрямку в область потенціалів виділення кисню з води додає два катодні піки відновлення кислородв-

місних сполук – перший при 400 мВ і , при подальшому зміщенні потенціалу, другий пік при (-330) мВ.

Виділення кисню на обох варіантах  $\text{SnO}_2 - \text{Sb}_x\text{O}_y$  електродів відбувається при потенціалах, приблизно на 250 мВ більш позитивних, у порівнянні з платиновим електродом, (рис. 1 б ).

Це зумовлює можливість більш ефективного перебігу реакцій електролітичного окиснення різних речовин на даних електродах.

Окиснення фенолу (рис. 2 а, крива 2) на платині починається в першому циклі при потенціалі 600 мВ (перший пік струму при 700 мВ, другий – при 1 В). Відповідно до літературних даних, піки належать іонній і молекулярній формам фенолу. Однак уже в другому циклі перший пік зникає, а висота другого піку збільшується. В області потенціалів другого піку (рис. 2 б) фенол окиснюється з утворенням полімерної плівки на електроді та з появою жовтого фарбування розчину, що свідчить про накопичення ароматичних кислот у розчині.

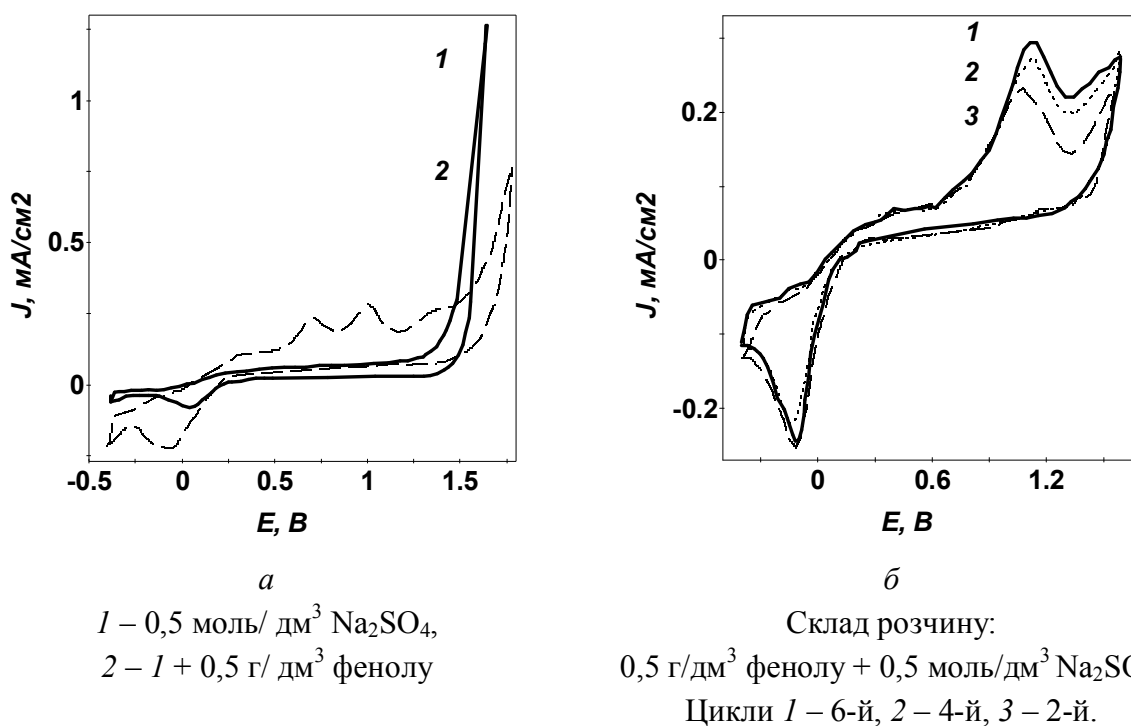
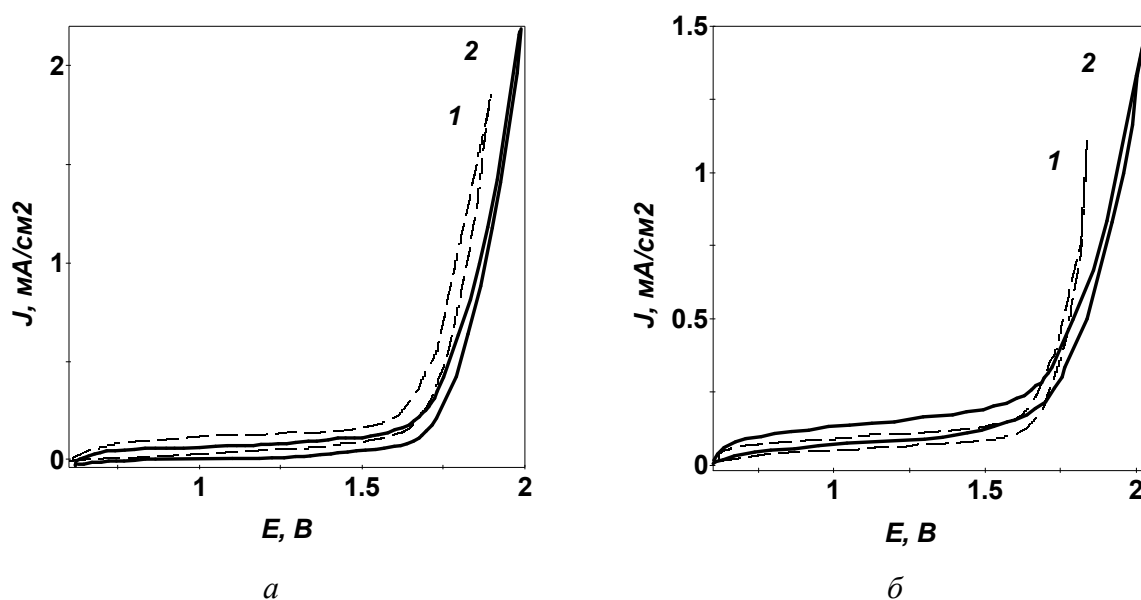


Рис. 2. ЦВА на Pt

На відміну від платинового електроду на діоксидноолов'яних електродах не відбувається утворення полімерної плівки. За літературними даними, фенол на таких електродах окиснюється в області потенціалів виділення кисню та сповільнює його адсорбованими напівпродуктами, які потім легко мі-

нералізуються. Як правило, більшому гальмуванню процесу виділення кисню відповідає більша швидкість окиснення фенолу. Враховуючи це, можна припустити більш високу ефективність окиснення фенолу на електроді типу ламінат (рис. 3 а), у порівнянні з одношаровим діоксидноолов'яним електродом (рис. 3. б), оскільки на ньому в присутності фенолу зсув потенціалів виділення кисню відбувається в більшій мірі.



1 – 0,5 моль/дм<sup>3</sup> Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 2 – 1 + 0,5 г/ дм<sup>3</sup> фенолу  
Анод: а – ламінат, б – одношаровий

Рис. 3. ЦВА на SnO<sub>2</sub> – Sb<sub>x</sub>O<sub>y</sub> анодах

### Висновок.

Виявлено збільшення на 250 мВ перенапруги виділення кисню на допованих сурмою діоксидноолов'яних електродах у порівнянні з платиновими.

Показано, що на оксидних електродах фенол руйнується повністю, тоді як на платиновому акумулюються проміжні продукти.

Встановлено більш високу ефективність окиснення фенолу на багатошаровому (ламінаті) SnO<sub>2</sub> – Sb<sub>x</sub>O<sub>y</sub> аноді в порівнянні з одношаровим.

**Список літератури:** . 1. Kotz R. Electrochemical waste water treatment using high overvoltage anodes. Part I: Physical and electrochemical properties of SnO<sub>2</sub> anodes / R. Kotz, S. Stucki, B. Carcer // J. Appl. Electrochem. – 1991, – Vol. 21. – P. 14 – 20. 2. Vicent F. Characterization and stability of doped SnO<sub>2</sub> anodes / [F. Vicent, E. Moralloâ, N. Quijada and oth.] // J. Appl. Electrochem. – 1998. – V. 28. – P. 607 – 612 3. Ding Hai-Yang. Preparation and properties of Ti/SnO<sub>2</sub>–Sb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> electrodes by electrodeposition / H.-Y. Ding, Y.-J. Feng, J.-F. Liu // Materials Letters. – 2007. – V. 61. – P. 4920 – 4923.