

**Росіньський В. М.,** магістр з водопостачання та водовідведення, інженер I категорії (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

### **ОЦІНКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ОЧИЩЕННЯ ШАХТНИХ ВОД В ЕЛЕКТРОРЕАКТОРАХ ІЗ БІПОЛЯРНИМИ ЕЛЕКТРОДАМИ ПРИ ЗМІНІ ЇХ КОНСТРУКТИВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК**

**Приведено результати досліджень з оцінки технологічних параметрів очищення шахтних вод в електрореакторах із біполярними електродами при зміні діаметра електроду та отвору в ньому, міжелектродної відстані, товщини електродної основи.**

**Ключові слова:** очищення, шахтна вода, біполярний електрод, електрореактор, густина струму, об'ємна густина струму.

**Необхідність очищення шахтних вод** перед скидом їх до водойми та перед повторним використанням на технологічні потреби підприємств передбачена Водним кодексом України [1, 2]. Наявність в шахтних водах високої концентрації сульфатів та хлоридів обумовлює перспективність реалізації фізико-хімічного очищення в електрореакторах, перед спорудами в яких проходять процеси розділення фаз [3]. В роботах [4, 5] відзначається, що висока концентрація сульфатів негативно відображається на ефективності очищення води в електрореакторах із струморозчинними електродами (електрокоагулятори). В роботі [6] наголошується, що перспективним та прогресивним є реалізація технології фізико-хімічного очищення шахтних вод в електрореакторах із біполярними електродами при поступовій обробці води на їх анодних та катодних поверхнях.

Згідно виконаних експериментальних досліджень [6] було встановлено раціональні значення гідравлічних навантажень на електродний модуль електрореактора при зміні конструктивних характеристик електродної системи. В результаті досліджень в роботі [7] визначено, що мінімізація непродуктивних втрат струму забезпечується при виконанні умов зниження активної площі електродів за критеріями їх перфоративності більше 1 [8]

$$P_{\delta in.} = \frac{\omega_{el}}{1,57 \cdot N_{\max} \left( \left( \frac{d_i^2 - d_{омв}^2}{2} \right) + d_{омв} \cdot B_{\delta in} \right)} > 1, \quad (1)$$

де  $\omega_{el}$  – площа модуля біполярного електрода електродної системи, м<sup>2</sup>;

$N_{\max}$  – максимально можлива кількість біполярних твердих струмопровідних фаз, які можна розташувати на струмонепровідній полімерній основі електродів, шт. [8];

$d_i$  – діаметр твердої струмопровідної фази біполярного електрода, м (0,015 – 0,030 м);

$d_{омв}$  – діаметр наскрізного отвору в твердій струмопровідній фазі, м (0,003 – 0,005 м);

$B_{\delta in}$  – товщина біполярного електрода, м.

Ефективність очищення шахтних вод в електрореакторах із біполярними електродами залежить від конструктивних характеристик апарата та технологічних параметрів очищення води (концентрації забруднюючих домішок, швидкості руху води в отворах електродів та в міжелектродному просторі, густини струму, об'ємної густини струму).

**Тому, метою роботи** є оцінка технологічних параметрів очищення шахтних вод в електрореакторах із біполярними електродами при зміні конструктивних характеристик апарата.

**Відомо, що**

$$Q = \omega \cdot v_{омв}, \quad (2)$$

де  $Q$  – розрахункова витрата шахтних вод, яка подається насосами головного водовідливу в приймальну камеру очисних споруд, м<sup>3</sup>/год;

$\omega$  – загальна площа електродів, м<sup>2</sup>;

$v_{омв}$  – швидкість руху води в отворах струмопровідних фаз електродів, м/год;

$$q_w = \omega_{\text{mod}} \cdot v_{омв}^{\text{mod}}, \quad (3)$$

де  $q_w$  – гідравлічне навантаження на електродний модуль, м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·год);

$\omega_{\text{mod}}$  – площа електродного модуля, м<sup>2</sup>;

$v_{омв}^{mod}$  – швидкість руху води в отворах струмопровідних фаз електродного модуля, м/год.

За умови рівності швидкостей руху води в отворах струмопровідних фаз

$$v_{омв} = v_{омв}^{mod}, \quad (4)$$

необхідну загальну кількість модулів ( $N_{mod}$ , шт.) в електрореакторі для очищення шахтної води можна визначити

$$N_{mod} = \frac{Q}{q_w} = \frac{\omega}{\omega_{mod}}. \quad (5)$$

Згідно [9] раціональними значеннями технологічних параметрів очищення води в електрореакторах-окислювачах є густина струму 30-100 А/м<sup>2</sup>, об'ємна густина струму – 1-3 А/дм<sup>3</sup>.

Встановлено, що оцінку густин струму та об'ємних густин струму при зміні конструктивних параметрів електрореактора (товщини електродної основи, міжелектродної відстані, діаметра отвору в струмопровідній фазі та струмопровідної фази) можна проводити за (6) та (7).

$$j_{mod} = \frac{k_{Me} \cdot C_{Me} \cdot q_w}{\varepsilon_{Me} \cdot n \left( \int_{R_1}^{R_{el}} 2\pi R dR - \int_{r_1}^{r_i} \pi r dr \right)}, \quad (6)$$

де  $j_{mod}$  – густина струму на електродному модулі, А/м<sup>2</sup>;

$k_{Me}$  – надлишковий коефіцієнт, який враховує вихід металу за струмом ( $k_{Me}=1,1-1,2$ );

$C_{Me}$  – концентрація забруднюючої домішки (Fe(II)), мг/м<sup>3</sup>;

$n$  – кількість ступенів очищення води в електрореакторі, шт.;

$r_{l-i}$  – радіуси отворів в струмопровідних фазах електродного модуля, м;

$R_{l-i}$  – радіуси струмопровідних фаз електродного модуля, м.

$$j_{\omega} = \frac{k_{Me} \cdot C_{Me} \cdot q_w}{\varepsilon_{Me} \cdot n \left( \int_{L_1}^{L_i} \omega_{mod} dL + \left( \frac{n-1}{n} \right) \int_{L_1}^{L_i} \int_{r_1}^{r_i} 2\pi r dr dL \right)}, \quad (7)$$

де  $j_{\omega}$  – об'ємна густина струму на електродному модулі, А/дм<sup>3</sup>;

$L_{l-i}$  – міжелектродна відстань, дм.

Забезпечуючи відповідне гідравлічне навантаження із [6] на електродний модуль із заданими діаметрами електрода і отвору в ньому, визначено густину струму на активній поверхні електродів (рис. 1 та рис. 2). Результати досліджень (рис. 1 та рис. 2) вказують, що, змінюючи кількість ступенів очищення води в апараті та змінюючи діаметри струмопровідних фаз та отворів в них, можна досягти забезпечення густини струму на електродах 30-100 А/м<sup>2</sup>.

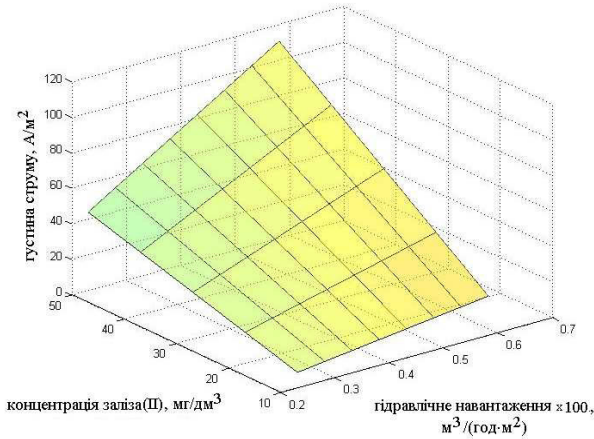


Рис. 1. Залежність густини струму від гідравлічного навантаження та концентрації заліза(II) у воді при діаметрі електрода 15 мм, діаметрі отвору 3 мм, товщині електрода 10 мм, числі ступенів очищення 5 шт.

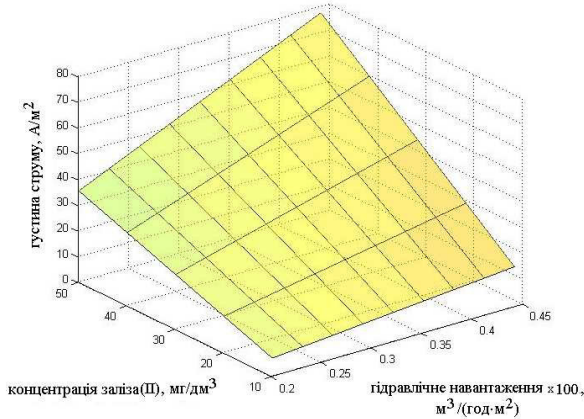


Рис. 2. Залежність густини струму від гідравлічного навантаження та концентрації заліза(II) у воді при діаметрі електрода 30 мм, діаметрі отвору 5 мм, товщині електрода 20 мм, числі ступенів очищення 5 шт.

Змінюючи товщину електродів (10-20 мм) та міжелектродну відстань (10-20 мм) при різних гідравлічних навантаженнях із [6], діаметрах електродів, визначено об'ємну густину струму (рис. 3 та рис. 4). Результати експерименту (рис. 3 та рис. 4) свідчать, що, змінюючи кількість ступенів очищення води в апараті та товщини як електродів, так і міжелектродного простору, досягається забезпечення раціональної об'ємної густини струму 1-3 А/дм<sup>3</sup>.

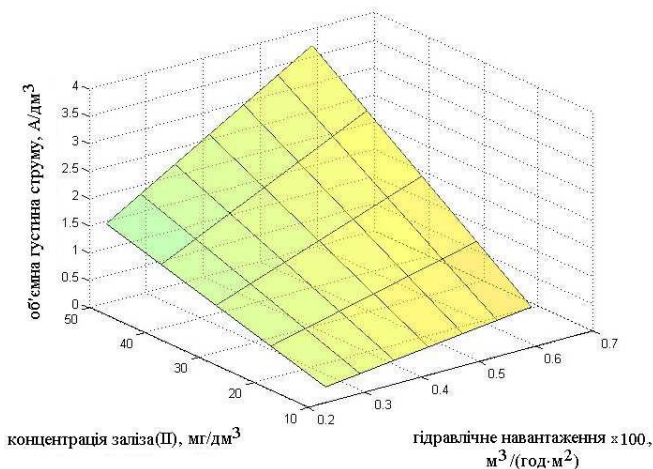


Рис. 3. Залежність об'ємної густини струму від гідравлічного навантаження та концентрації заліза(II) у воді при діаметрі електрода 15 мм, діаметрі отвору 3 мм, міжелектродній відстані 10 мм, товщині біполярних електродів 10 мм та числі ступенів очищення води 5 шт.

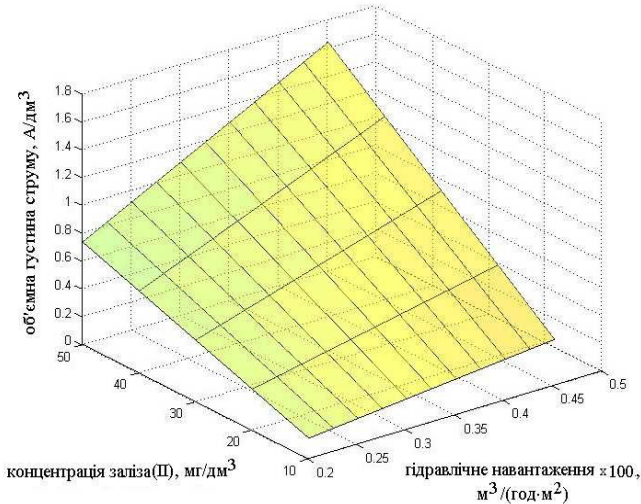


Рис. 4. Залежність об'ємної густини струму від гідравлічного навантаження та концентрації заліза(II) у воді при діаметрі електрода 30 мм, діаметрі отвору 5 мм, міжелектродній відстані 20 мм, товщині біполярних електродів 10 мм та числі ступенів очищення води 5 шт.

**Отже, проведені дослідження показали,** що при очищенні шахтних вод в електрореакторах із біполярними електродами, змінюючи їх конструктивні характеристики (діаметр струмопровідної фази електрода 15-30 мм, діаметр отвору в електроді 3-5 мм, товщина електродної основи 10-20 мм) за різних концентрацій забруднюючих домішок у воді (заліза (II) 10-50 мг/дм<sup>3</sup>), можна досягти раціональних значень технологічних параметрів очищення води: густини струму 30-100 А/м<sup>2</sup>, об'ємної густини струму 1-3 А/дм<sup>3</sup>, що в подальшому дасть можливість науково підходити до корегування технологічних параметрів очищення в електрореакторі при зміні початкових фізико-хімічних показників шахтної води, яка надходить до апарата.

1. Водний кодекс України. Редакція від 19.01.2012 Із змінами від 22.12.2011 // Відомості Верховної Ради України (ВВР). – 1995. – № 24. – Ст. 189. 2. Физико-химические основы технологии деминерализации шахтных вод : монография / [Гребенкин С. С., Костенко В. К., Матлак Е. С. и др.]; под общ. ред. Костенко В. К. – Донецк: ВИК, 2008. – 287 с. 3. Россінський В. М. Технологія фізико-хімічного очищення шахтних вод в електрореакторах з біполярними електродами / В. М. Россінський // Матеріали науково-практичної конф. «Вода та довкілля» ІХ Міжнар. Форуму «AQUA UKRAINE – 2011», Київ, 2011. – С. 221-222. 4. Запольский А. К. Очистка воды коагулированием [Текст]: Монография/ А. К. Запольский. – Каменец-Подольский: ЧП "Медоборы-2006", 2011. – 296 с.

- 5.** Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод : підручник // Запольський А. К., Мішкова-Клименко Н. А., Астрелін І. М. та ін. – К. : Лібра, 2000. – 552 с. **6.** Россінський В. М. Узгодження гідродинамічних параметрів в апаратах електрореакторах із біполярними електродами для очищення шахтних вод / В. М. Россінський // Конференція "Вода та довкілля" X Міжнародного водного форуму «Aqua Ukraine – 2012» (6-9 листопада 2012р., м. Київ) / Збірка доповідей (електронний варіант на CD) / – С. 80-81. **7.** Россінський В. М. Зниження непродуктивних втрат струму в апаратах-електрореакторах для очищення шахтних вод / В. М. Россінський // Матеріали практичної конференції "Сучасні проблеми охорони довкілля та раціонального використання ресурсів у водному господарстві", конф., 2-6 квітня 2012 року, м. Миргород / ред. кол. П. Д. Хоружий, І. В. Карабанова. – К. : Т-во "Знання України", 2012. – С. 36-38. **8.** Россінський В. М. Критерій перфорації електродів апаратів-електрореакторів для очищення шахтних вод / В. М. Россінський // Матеріали науково-практичних конференцій "Безпека середовища життєдіяльності людини" та "Актуальні проблеми харчування та шляхи збереження здоров'я в сучасних екологічних умовах". Травень-червень 2012 р. Крим / ред. кол. : Л. П. Дерев'янку, Н. О. Корнута, І. В. Карабанова. – К. : Т-во "Знання України", 2012. – С. 17-20. **9.** Жуков А. И. Методы очистки производственных сточных вод. (Справ. пособие.) / А. И. Жуков, И. Л. Монгайт, И. Д. Родзиллер. – М. : Стройиздат, 1977. – 204 с.

Рецензент: д.т.н., професор Филипчук В. Л. (НУВГП)