

Росінський 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]

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

де ω_{el} – площа модуля біполярного електрода електродної системи, м²;

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);

$B_{\text{бін}}$ – 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, м³/год;

ω – загальна площа електродів, м²;

$v_{омв}$ – 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, м³/(м²·год);

ω_{mod} – площа електродного модуля, м²;

$v_{омв}^{mod}$ – 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/м², об'ємна густина струму – 1-3 А/дм³.

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/м²;

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

C_{Me} – концентрація забруднюючої домішки (Fe(II)), мг/м³;

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_{ω} – об'ємна густина струму на електродному модулі, А/дм³;

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/м².

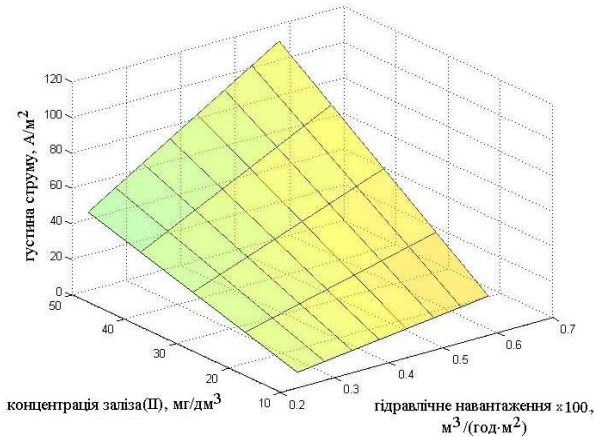


Рис. 1. Залежність густини струму від гідравлічного навантаження та концентрації заліза(II) у воді при діаметрі електрода 15 мм, діаметрі отвору 3 мм, товщині електрода 10 мм, числі ступенів очищення 5 шт.

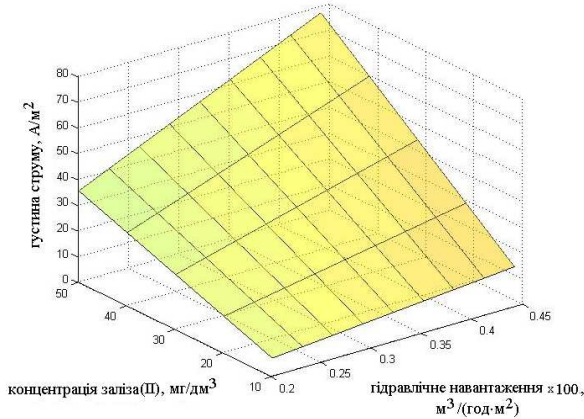


Рис. 2. Залежність густини струму від гідравлічного навантаження та концентрації заліза(II) у воді при діаметрі електрода 30 мм, діаметрі отвору 5 мм, товщині електрода 20 мм, числі ступенів очищення 5 шт.

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/дм³.

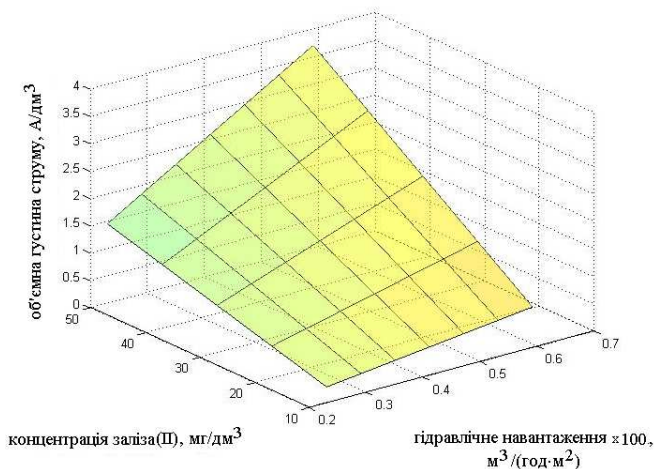


Рис. 3. Залежність об'ємної густини струму від гідравлічного навантаження та концентрації заліза(II) у воді при діаметрі електрода 15 мм, діаметрі отвору 3 мм, міжелектродній відстані 10 мм, товщині біполярних електродів 10 мм та числі ступенів очищення води 5 шт.

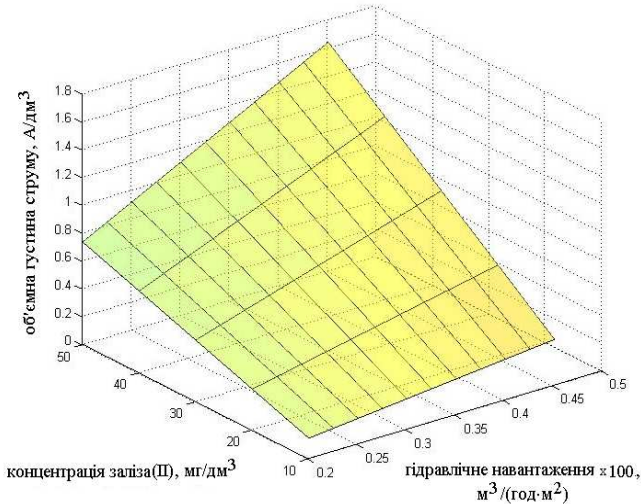


Рис. 4. Залежність об'ємної густини струму від гідравлічного навантаження та концентрації заліза(II) у воді при діаметрі електрода 30 мм, діаметрі отвору 5 мм, міжелектродній відстані 20 мм, товщині біполярних електродів 10 мм та числі ступенів очищення води 5 шт.

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/дм³), можна досягти раціональних значень технологічних параметрів очищення води: густини струму 30-100 А/м², об'ємної густини струму 1-3 А/дм³, 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'янка, 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)