

ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ МІНЕРАЛІЗОВАНИХ ВОД З ОТРИМАННЯМ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНИХ РЕАГЕНТІВ

Гомеля М.Д., Крижановська Я.П., Пляцук Я.М.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»,

Україна, м.Київ, e-mail: yanamart93@ukr.net

Україна належить до країн із відносно обмеженими запасами прісної води. Основне джерело водних ресурсів — це річка Дніпро та її притоки, однак через значне антропогенне навантаження і кліматичні зміни якість цих вод поступово знижується. Для забезпечення стабільного водопостачання часто здійснюється перекачування води між регіонами, що лише частково вирішує проблему дефіциту. У західних областях, зокрема у Львівській, населення здебільшого користується водою з артезіанських свердловин. Проте ефективність використання водних ресурсів в Україні залишається низькою, а експлуатація водосховищ на Дніпрі супроводжується значними втратами через випаровування та погіршення якості води, особливо влітку, через процеси евтрофікації [1].

Одним із додаткових джерел водопостачання можуть стати шахтні води. Сьогодні значні їх обсяги скидаються у природні водойми практично без очищення, що спричиняє підвищення мінералізації та погіршення якості поверхневих вод. Однак досвід свідчить, що очищення таких вод за допомогою сучасних мембранних технологій, як-от нанофільтрація чи зворотний осмос, є цілком можливим. Прикладом є водоочисна станція в Алчевську, де ще у 2008 році впроваджено установку продуктивністю 12 тис. м³/добу, яка забезпечувала отримання питної води, що відповідає національним і міжнародним стандартам [2-3].

Незважаючи на технічну ефективність мембранних процесів, головною перешкодою для їх широкого впровадження є проблема утилізації концентратів — розсолів, що утворюються під час знесолення води. Такі концентрати містять високу кількість хлоридів і сульфатів, а їхнє зберігання або скидання у природне середовище становить небезпеку. Існують різні способи переробки цих відходів — хімічне осадження, іонний обмін, сорбція, дистиляція, випаровування чи виморожування. Проте всі вони мають істотні недоліки: високу енергоємність, невисоку продуктивність або утворення нових відходів, що потребують подальшої утилізації. Наприклад, іонний обмін супроводжується появою великої кількості регенераційних розчинів, які мають ще більшу мінералізацію, ніж вихідна вода [4-5].

Одним із сучасних і перспективних підходів є електрохімічна переробка концентратів, зокрема методом **електродіалізу**, який дає змогу не лише вилучати іони солей із розчину, але й отримувати цінні продукти. При переробці хлоридовмісних концентратів за допомогою електродіалізу можливе утворення активного хлору або гіпохлориту натрію — сполук, що широко використовуються у технологіях знезараження води. Такий підхід дозволяє одночасно зменшувати негативний вплив на довкілля і забезпечувати підприємства власними реагентами для дезінфекції.

У промисловості для отримання активного хлору зазвичай застосовують електроліз концентрованих розчинів хлориду натрію (NaCl) із концентрацією понад 100 г/дм³. Водночас концентрати, що утворюються після знесолення води зворотним осмосом чи нанофільтрацією, містять лише 4–30 г/дм³ NaCl, тобто у кілька разів менше. Через це традиційні технології не дають змоги ефективно синтезувати активний хлор із таких розчинів. Тому дослідники ставлять за мету розробити способи переробки малоконцентрованих розчинів хлориду натрію в умовах знижених енергетичних витрат і високого виходу кінцевого продукту.

Метою описаного в статті дослідження було **вивчення процесів електрохімічного синтезу активного хлору та гіпохлориту натрію** з розчинів NaCl різної концентрації у двокамерних електролізерах — як відкритих, так і герметичних. Основне завдання полягало у визначенні оптимальних умов проведення електролізу: щільності струму, тривалості процесу, концентрації вихідних розчинів та впливу цих параметрів на вихід продукту за струмом і ступінь перетворення хлоридів.

Дослідження проводили із використанням двокамерного електролізера, розділеного аніонообмінною мембраною типу MA-41. Як анод застосовували титанову пластину, покриту оксидом рутенію, а як катод — леговану сталь. Процес вели при щільності струму від 1,67 до 12,5 А/дм² і температурі близько 25 °С. У катодну камеру подавали лужний розчин, а в анодну — робочий розчин NaCl. Для контролю хімічного складу та ходу реакцій визначали вміст хлоридів, активного хлору, рН та інші параметри за стандартними методиками.

Результати експериментів показали, що при невеликих концентраціях хлориду натрію (близько 3,5 г/дм³) у розчині вдається отримати помітну кількість гіпохлориту натрію — до 80 мг-екв/дм³ по активному хлору. Проте збільшення щільності струму призводить до інтенсивного утворення газоподібного хлору, який частково втрачається внаслідок дегазації. Через це реальний вихід активного хлору за струмом зменшується, а концентрація кінцевого продукту залишається невисокою. Найкращі результати при таких умовах спостерігалися при анодній щільності струму 1,67–4,17 А/дм² (рис.1).

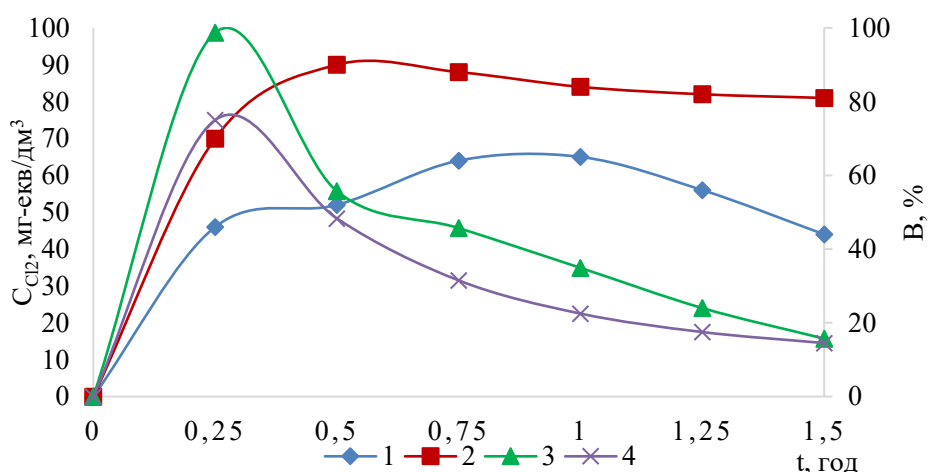


Рисунок 1 - Зміна концентрації активного хлору (1; 2) в аноліті двокамерного електролізера (мембрана MA-41), його виходу за струмом (3; 4) від часу електролізу розчину NaCl концентрацією 61 мг-екв/дм³ при анодній щільності струму, А/дм²: 4,17 (1; 3) та 8,33 (2; 4) (катодіт – розчин NaOH концентрацією 200 мг-екв/дм³)

При підвищенні концентрації NaCl у вихідному розчині (до 26 г/дм³) концентрація активного хлору зростала майже втричі. Це свідчить, що насиченіші розчини хлориду натрію сприяють утворенню більшої кількості гіпохлориту при помірних значеннях струму. Водночас занадто інтенсивне електролітичне окиснення (вище 8 А/дм²) призводило до значних втрат активного хлору внаслідок його переходу в газову фазу.

Додаткові дослід з більш концентрованими розчинами (до 1700 мг-екв/дм³) підтвердили, що навіть при підвищенні вмісту NaCl у розчині вихід активного хлору не зростає пропорційно. Значна його частка все одно втрачається при дегазації, особливо за високої анодної щільності струму. Разом з тим, спостерігалось поступове підвищення рН

анолітів у процесі електролізу, що пояснюється накопиченням гідроксид-іонів і частковим переходом активного хлору у форму гіпохлорит-іонів.

Таким чином, дослідження показало, що ефективність переробки розчинів хлориду натрію методом електродіалізу визначається низкою факторів. Найкращих результатів можна досягти при середніх значеннях струму та помірних концентраціях солі. За таких умов утворюється достатня кількість активного хлору або гіпохлориту натрію, які можуть бути використані як дезінфектанти. Надмірне підвищення густини струму чи концентрації NaCl, навпаки, знижує ефективність через дегазацію та збільшення енергетичних витрат.

У підсумку можна зазначити, що електродіаліз є перспективним методом переробки шахтних та солонуватих вод із високим вмістом хлоридів. Його застосування дозволяє вирішити одразу дві проблеми — зменшення мінералізації води та отримання корисних хімічних реагентів, необхідних для знезараження питної води. Розробка таких технологій особливо актуальна для України, де питання ефективного використання водних ресурсів і екологічно безпечної утилізації відходів є надзвичайно гострим.

Перелік посилань

1. Рисухін, В.В., Шаблій, Т.О., Гомеля, М.Д. (2011). Переробка концентратів, що утворюються при нанофільтраційному очищенні вод з підвищеною мінералізацією. Східно-Європейський журнал передових технологій, Т.5, 3 (53), 51–55.
2. Trus, I.M., Gomelya, M.D. (2021). Desalination of mineralized waters using reagent methods. Journal of Chemistry and Technologies, 29 (3), 417–424. <https://doi.org/10.15421/jchemtech.v29i3.214939>
3. Директива Ради 98/83/ЄС від 03.11.1998 Про якість води, призначеної для споживання людиною.
4. Shokriani, F., Solaimani, K., Nematzadeh, G.H., Biparva, P. (2015). Removal of NaCl from aqueous solutions by using clinoptilolite. International Journal of Farming and Allied Sciences, 4 (1), 50–54.

ПРОБЛЕМИ ВИКОРИСТАННЯ ІММОБІЛІЗОВАНИХ МІКРООРГАНІЗМІВ У БІОЛОГІЧНОМУ ОЧИЩЕННІ СТІЧНИХ ВОД

Гриневич А.О., Саблій Л.А.

*Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"
abarabaha@gmail.com*

На сьогодні використання активного мулу залишається основним методом біологічного очищення міських стічних вод у всьому світі. За різними оцінками, технології, засновані на процесі активного мулу, застосовують більш ніж у 90 % очисних споруд у світі. Попри це, глобально близько 44 % стічних вод усе ще не проходять належного очищення або скидаються у водойми без відповідної підготовки. Окрім того, за несприятливих зовнішніх факторів і змін умов навколишнього середовища (таких як температура, рН, концентрація розчиненого кисню, солоність або наявність токсичних речовин) системи активного мулу можуть зазнавати значного зниження ефективності, зокрема через спливання мулу, розмноження нитчастих бактерій. Така ситуація зумовлює необхідність подальшої оптимізації існуючих технологій та пошуку нових підходів до інтенсифікації біологічних процесів [1-2].

На відміну від традиційної технології активного мулу, методи, що ґрунтуються на іммобілізованих мікроорганізмах, забезпечують вищу щільність та стабільність біомаси