



Матеріали XXIII Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство» (м. Київ, Україна, 7 грудня 2023 р.)

Handbook of the XXIII International Science Conference
«Ecology. Human. Society» (December 7, 2023 Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

DOI: <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2023.290348>

УДК 628.165

ЗАСТОСУВАННЯ МАЛОВІДХОДНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ПЕРЕРОБЦІ КОНЦЕНТРАТИВ ЗВОРОТНЬООСМОТИЧНОГО ЗНЕСОЛЕННЯ ВОД

Яна КРИЖАНОВСЬКА, Микола ГОМЕЛЯ, Яна ПЛЯЦУК

Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського

пр. Берестейський, 37, Київ, 03056, Україна

e-mail: yanamart93@ukr.net

На сьогоднішній день, якісне і безпечне водопостачання, особливо в теперішній час, населення нашої держави є актуальним та болючим питанням. Проблема високої мінералізації природних вод нікуди не дівається, а навпаки, в результаті активних бойових дій на сході та півдні нашої країни, тільки погіршується та підвищується. Причиною також являються постійні скиди засолених стічних вод підприємств та шахт у природні водойми.

Всі існуючі та добре відомі методи очистки є досить недосконалими, адже після очищення води утворюється величезна кількість так званих відходів - концентратів та регенераційних розчинів, якщо мова йде про іонообмінні методи очищення.

Тому, на сьогоднішній день, доцільно вивчати та вирішувати проблему з новоутвореними елюатами після очищення води, що містять в своєму складі кислоти, луги, хлориди натрію. Одним із перспективних напрямків боротьби із накопиченням концентрованих розчинів солей, що є відходами при процесах підготовки та очищення води, є їх переробка із отриманням корисних продуктів. Слід відмітити, що реалізація підходу по переробці відходів попередньої очистки вод, передбачає застосування так званих маловідходних технологій на теренах сучасної України. Накопичені відходи не будуть складуватись і накопичуватись, створюючи при цьому низку реальних проблем в тих чи інших галузях, а й приносити користь та економічну вигідність.

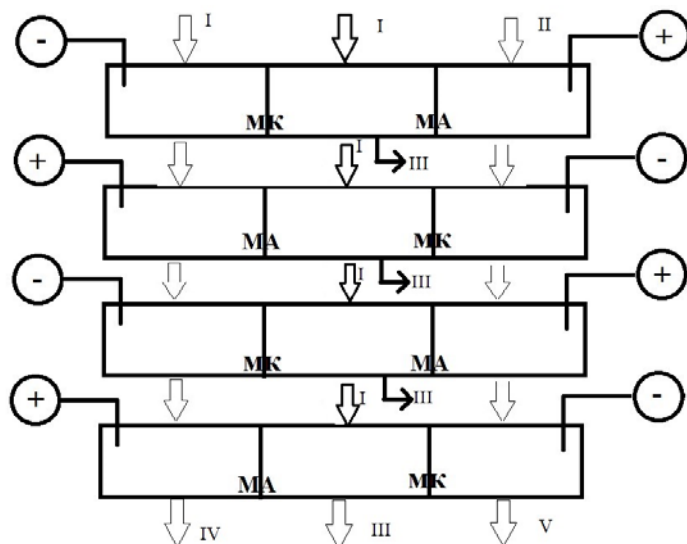
Найбільш вигідним та раціонально доцільним методом боротьби з накопиченням відходів є отримання з даних відходів корисних продуктів, в ідеалі, дешевших, за вже існуючі на ринку. Вважається, що перспективним для впровадження даного підходу є застосування процесів електродіалізу. Можна підкреслити те, що такі реагенти є досить дефіцитним продуктом, є досить дороговартісними - даний метод можна реалізувати для отримання кислоти і лугу з розчинів сульфату натрію [1], лугу [2], алюмінієвих [3] та залізних [4] коагулянтів.

До прикладу, для утилізації розчинів хлориду натрію доцільно застосовувати технології отримання гіпохлориту натрію, який є дефіцитним реагентом не лише в Україні.

Метою роботи є визначення умов електрохімічної переробки розчину хлориду натрію шляхом їх концентрування.

Слід зазначити, що під час експериментальних досліджень, застосовували трикамерні електролізери (рис.1), в яких використовували катіонообмінну мембрану МК-40 та

аніонообмінну мембрану МА-41. Об'єм кожної камери, а саме - анодної, катодної та робочої камери - 100 см³. Площа катоду дорівнювала 0,12 дм³.



МК - катіонна мембрана; МА – аніонна мембрана; I - Подача розчину NaCl ($C_{(NaCl)}=20$ г/дм³); II - подача розчину NaCl і NaOH ($C_{(NaOH)}\sim 500$ мг-екв/дм³); III - відведення знесоленої води; IV – відведення концентрованого розчину NaCl (аноліт); V - відведення концентрованого розчину NaCl (католіт)

Рис. 1 – Схема електролізера для концентрування розчину NaCl

Як катод використовували леговану сталь 12×18Н10Т, анод - титан, покритий оксидом рутенію. Для ведення процесу електролізу використовували джерело постійного струму. На початку процесу використовували розчин хлориду натрію, з концентрацією 21060 мг/дм³ (360 ммоль/дм³). В анодній камері, крім NaCl концентрацією 360 ммоль/дм³, було лужне середовище ($L=188$ мг-екв/дм³). Лужність в катодній камері сягала 2,5 мг-екв/дм³. Сила струму – 0,5 А. Анодна густина струму – 4,17 А/дм². Суть полягає в тому, що через рівні проміжки часу (60 хв) вимірювали лужність та концентрацію хлоридів в усіх камерах. Через 5 годин процес завершили, після зниження лужності в анодній області до 18 мг-екв/дм³.

Після проведення таких маніпуляцій, перемістили катод в анодну область, а анод - в катодну. Знесолену воду, котра утворилась в результаті попередньої серії експериментального дослідження в робочій камері, замінили на розчин NaCl і електроліз повторили. Даний процес повторювали до досягнення концентрації хлористого натрію в католіті значень, вищих 100 г/дм³. В свою чергу в аноліті концентрація хлориду натрію була іще вищою. Вихід речовини за струмом розраховували як в роботах [3].

Результати електролізу приведені на рис. 2. Як видно з рис. 2 за 5 годин проведення першого етапу концентрування концентрація хлоридів у робочій камері знизилась до 35,5 мг/дм³ (1 мг-екв/дм³), а в анодній зросла із 360 до 600 мг-екв/дм³. Лужність в анодній камері знизилась до 68 мг-екв/дм³. Лужність в катодній камері зросла до 370 мг-екв/дм³, а в робочій камері до 25 мг-екв/дм³. Таким чином, лужність в анодній камері знизилась на 420 мг-екв/дм³, а катодній та

робочій камері зросла на 310 мг-екв/дм³. З отриманих даних, можемо стверджувати, що гідроксид-аніони з робочої камери частково переходили в анодну камеру, тим самим, сповільнюючи процес зниження лужності в анодній камері. Але, слід зазначити, що при цьому сповільнювалась міграція хлоридів в анодну камеру. Їх концентрація в анодній камері зросла на 300 мг-екв/дм³, тоді як в робочій камері концентрація хлоридів знизилась на 359 мг-екв/дм³. Можливо, частина хлоридів окислилась, хоча зростання вмісту активного хлору в анодній камері не було відмічено. В свою чергу, катодній камері вміст хлоридів не змінювався.

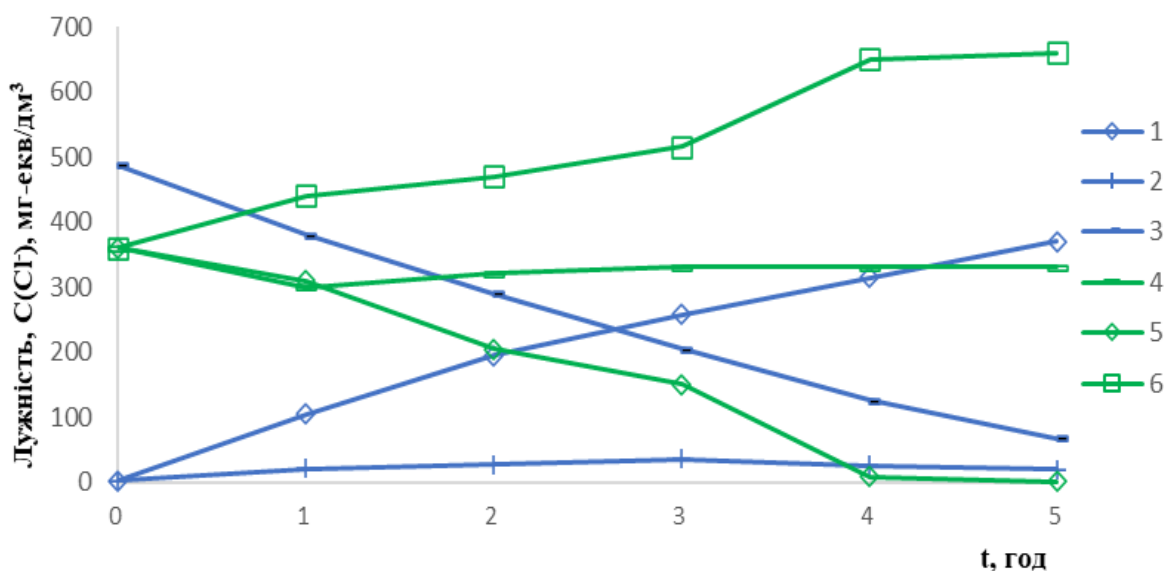


Рис. 2 – Залежність лужності (1, 2, 3) та концентрації хлоридів (4, 5, 6) в катодній (1, 4), робочій (2, 5) та анодній (3, 6) камерах від часу електролізу розчину хлориду натрію ($C_{NaCl}=20 \text{ г/дм}^3$) в трикамерному електролізері при густині струму $4,17 \text{ А/дм}^3$ ($I=0,5 \text{ А}$), концентрація $NaCl$ - 360 мг-екв/дм^3 в катодній, робочій та анодній камерах

Можемо спостерігати, що зростання концентрації хлоридів в катодній камері не буде збільшувати опір системи, а навпаки, буде сприяти електропровідності розчину. Опір буде зростати при підвищенні лужності розчину. Проте, суттєво опір системи зростає при підвищенні лужності більш як на 1000 мг-екв/дм^3 [6,7]. Але, більше на опір системи буде впливати концентрація хлоридів в анодній області при лужності $50\text{-}450 \text{ мг-екв/дм}^3$. Далі було проведено серію експерименту при концентрації хлоридів в катодній області на рівні 1200 мг-екв/дм^3 , а в анодній області на рівні $12780 \text{ мг-екв/дм}^3$ (рис. 3).

В результаті проведених експериментальних досліджень, можемо стверджувати, що зростання концентрації хлоридів (хлориду натрію) в катодній камері не буде збільшувати опір системи, а навпаки, буде сприяти електропровідності розчину. Опір буде зростати при підвищенні лужності розчину.

Також, проведені дослідження показали, що при створенні в анодній камері трикамерного електролізера на рівні $\sim 500 \text{ мг-екв/дм}^3$ хлориди можуть концентруватись в аноліті без помітного утворення активного хлору за рахунок окислення гідроксид-аніонів при зниженні лужності до $45\text{-}100 \text{ мг-екв/дм}^3$.

Таким чином можна побачити, що при концентруванні хлориду натрію в трикамерному електролізері за наявності лугу в католіті та при періодичній заміні місцями катоду та аноду

знесолоної води на розчин NaCl не призводить до суттєвого підвищення опору системи та енергозатрат до концентрування NaCl з 20 г/дм³ до 120-150 г/дм³.

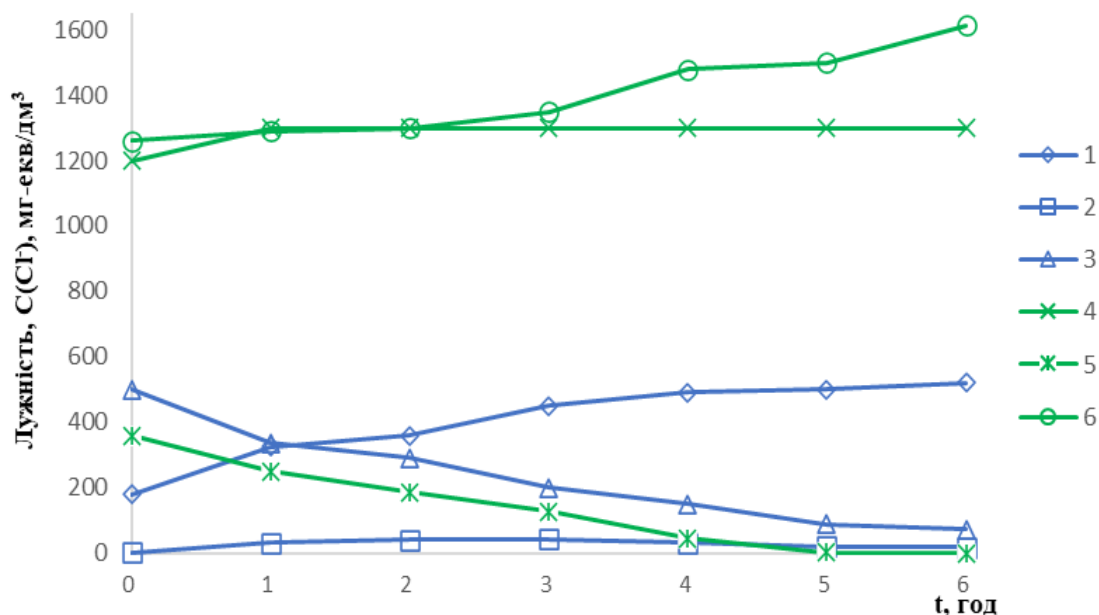


Рис. 3 - Залежність лужності (1, 2, 3) та концентрації хлоридів (4, 5, 6) в катодній (1, 4), робочій (2, 5) та анодній камері (3, 6) від часу електролізу розчину хлориду натрію в трикамерному електролізері при густині струму 4,17 А/дм³ (I=0,5 А), концентрація хлоридів в катодній камері 1200 мг-екв/дм³, в анодній – 1260 мг-екв/дм³, в робочій – 360 мг-екв/дм³

Література:

1. Голтвяницька О.В., Шаблій Т.О., Гомеля М.Д. Електродіалізне отримання сірчаної кислоти та луку з розчинів сульфату натрію // Восточно-європейський журнал передових технологій, 2011. №3/6(51). С.18-22.
2. Трус І.М., Радовенчик Я.В., Гомеля М.Д. Спосіб концентрування розчинів луку при електрохімічній переробці елюатів, що містять солі натрію / Східно-Європейський журнал передових технологій, 2013. №5/6 (65), С. 20-23.
3. Гомеля М.Д., Радовенчик Я.В., Мартинюк Я.П. Переробка розчинів хлористого натрію з отриманням хлоридів алюмінію // Інтегровані технології та енергозбереження. 2017. №4. с. 664.
4. Радовенчик Я.В., Крижановська Я.П., Вакуленко А.К. Отримання FeCl₃ при електрохімічному очищенні води // Сучасна наука: проблеми і перспективи. 2018. № 1. С. 23-25.
5. Грабітченко В. М., Трус І. М., Гомеля М. Д. Переробка концентратів зворотньоосмотичного опріснення води, що містять сульфати та нітрати // Збірник праць другої всеукраїнської науково-технічної конференції студентів, аспірантів і молодих учених «Молодь: наука та інновації». Дніпропетровськ. 2014. С. 9-57 – 9-58.
6. Шаблій Т. А. Переработка отработанных щелочных и нейтральных регенерационных растворов ионообменного умягчения воды методом электролиза / Т. А. Шаблій // Энерготехнологии и ресурсосбережение. 2010. № 6. С. 63 – 66.
7. Трус І. М. Отримання сірчаної кислоти при електрохімічній переробці елюатів, що містять сульфати / І. М. Трус, В. М. Грабітченко, М. Д. Гомеля // Східно-Європейський журнал передових технологій. 2013. № 4/6 (64). С. 10 – 13.