



Матеріали XXV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство»
пам'яті д-ра Дмитра СТЕФАНІШИНА
(12 червня 2025 р., м. Київ, Україна)

Proceedings of the XXV International Science Conference
«Ecology. Human. Society»
dedicated to the memory of Dr. Dmytro STEFANYSHYN
(June 12 2025, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315
<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2025.330289>

ОТРИМАННЯ СПОЛУК ОКИСЛЕНОГО ХЛОРУ ІЗ РОЗЧИНІВ ХЛОРИДУ НАТРІЮ ЕЛЕКТРОДІАЛІЗОМ

Яна КРИЖАНОВСЬКА, Микола ГОМЕЛЯ, Дарина ДУДКА

Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського

пр. Берестейський, 37, Київ, 03056, Україна

e-mail: *yanamart93@ukr.net*

Анотація

Дана робота присвячена дослідженню процесів переробки розчинів хлориду натрію, близьких за складом до концентратів зворотньоосмотичного знесолення води, методом електродіалізу. При проведенні електролізу розчинів використовували відкриті двокамерні електродіалізатори. Розчини з хлоридами натрію поміщали в анодну камеру, а катодну камеру наповнювали розчинами луку концентрацією 200-1000 мг-екв/дм³. Електроліз у відкритому двокамерному електродіалізаторі проводили при використанні розчинів хлориду натрію з концентрацією хлоридів від 60 до 1725 мг-екв/дм³. В даному випадку, використовували аніонообмінну мембрану МА-41. Катод був виготовлений із легованої сталі 12Х18Н10Т, анод – із титанової пластини, покритої оксидом рутенію. Площа електродів $S_a = S_k = 12 \text{ см}^2$. Катодну камеру заповнювали 0,2 Н розчином NaOH; анодну область – робочим розчином хлориду натрію. При заданій силі струму процес електролізу проводили 2-8 годин, контролюючи періодично лужність в катоді, вміст хлоридів та активного хлору в аноді.

Ключові слова: *електроліз, електрохімічне очищення, окислення, хлорид натрію, активних хлор, гіпохлорит натрію, мембрана.*

В значній мірі причини підвищення рівня мінералізації поверхневих вод на Україні мають техногенний характер. Застарілі технології водопідготовки та очищення стічних вод минулого століття непридатні для вилучення з води розчинних речовин. Невирішеною є проблема утилізації концентратів зворотньоосмотичного опріснення води, відходів іонообмінного її знесолення. Це суттєво обмежує застосування сучасних методів демінералізації води [1-4]. При цьому постійно загострюється проблема опріснення мінералізованих артезіанських, поверхневих та шахтних вод. Значна частина шахтних вод, придатних для використання, через проблему утилізації концентратів не використовується, а скидається у довкілля після розведення, або, навіть, без розведення та очищення [5-7]. Це також значно обмежує використання артезіанських і поверхневих вод з підвищеною мінералізацією.

Метою роботи було визначенням ефективності процесів синтезу гіпохлориту натрію та інших сполук окисленого хлору із розчинів хлориду натрію близьких за складом до концентратів мембранного очищення води, або інших стічних вод методом електродіалізу у

відкритих двокамерних електродів в залежності від характеристик води та параметрів процесу.

Для окислення хлоридів на першому етапі досліджень використовували відкриті двокамерні електролізери з аніонною мембраною МА-41. Застосування такої мембрани захищає катод від отруєння іонами жорсткості. Крім того, дана мембрана пропускає гідроксид-аніони з катодної камери, забезпечуючи підтримання нейтрального середовища в аніоніті, зв'язування активного хлору та диоксиду хлору. Результати по окисленню розчинів хлориду натрію концентрацією 60 мг-екв/дм³ представлені на рисунку 1 та 2.

З рис. 1 та 2 видно, що інтенсивність окислення хлоридів зростає із підвищенням анодної щільності струму. Особливістю процесу є те, що при щільності струму 0,83 та 1,67 А/дм² спостерігається підвищення концентрації окислених сполук хлору до 75-85 мг-екв/дм³. При анодній щільності струму 4,17 А/дм² спостерігається підвищення концентрації окислених сполук хлору до 65 мг-екв/дм³, а потім її зниження до 50 мг-екв/дм³. Подібну залежність спостерігали і при щільності струму 8,33 а/дм². При цьому за 30 хвилин концентрація окислених сполук хлору сягала 115 мг-екв/дм³, а потім знизилась до 70 мг-екв/дм³ при часі електролізу 60 хв. Цікавою є залежність між кількістю сполук окисленого хлору і кількістю відновлених хлоридів.

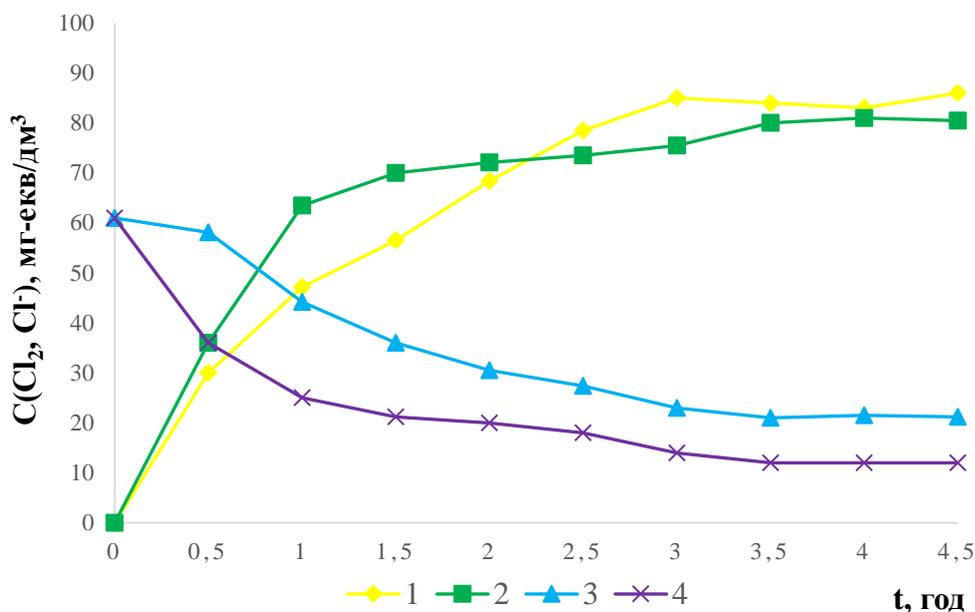


Рис. 1. Залежність концентрації сполук окисленого хлору (1; 2) та хлоридів (3; 4) від часу електролізу при щільності струму А/дм²: 0,83 (1; 3) та 1,67 (2; 4) в анодній камері двокамерного електролізера (мембрана МА-41) при концентрації хлоридів в анодній камері 61 мг-екв/дм³ та лужності в катодній камері 200 мг-екв/дм³

Так при щільності струму 0,83 А/дм² (рис.1) при зниженні концентрації хлоридів на 40 мг-екв/дм³, концентрація сполук окисленого хлору зросла до 86 мг-екв/дм³. При щільності струму 1,67 А/дм² ці показники були на рівні 49 мг-екв/дм³ та 80,5 мг-екв/дм³.

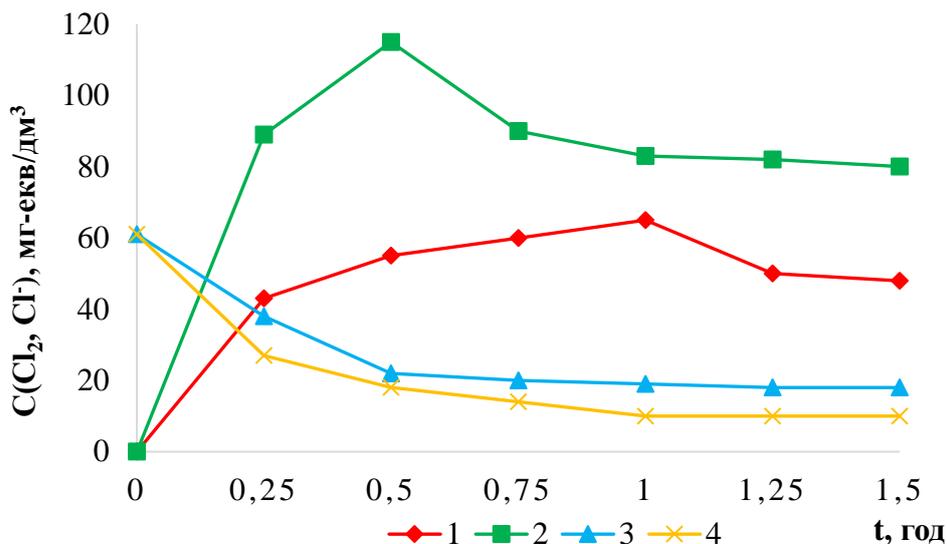


Рис. 2. Зміна концентрації сполук окисленого хлору (1 ; 2), хлоридів (3; 4) в анодній камері двокамерного електролізера (мембрана-МА-41) з часом електролізу при концентрації хлоридів в анодній камері 61 мг-екв/дм³, лужності католіту 200 мг-екв/дм³, при анодній щільності струму, А/дм² : 4,17 (1; 3) та 8,33 (2; 4)

При щільності струму 4,17 А/дм² (рис.2) при зниженні концентрації хлоридів на 39 мг-екв/дм³ концентрація сполук окисленого хлору зросла до 60 мг-екв/дм³, а при щільності струму 8,33 А/дм² при зниженні концентрації хлоридів на 38 мг-екв/дм³ концентрація сполук окисленого хлору зросла до 115 мг-екв/дм³.

Отже, в результаті проведеної роботи можемо стверджувати, що у процесі електролізу розчинів хлориду натрію у відкритих двокамерних електролізерах з аніонною мембраною МА-41 наряду звільним хлором утворюються інші сполуки окисленого хлору. Це видно по значному перевищенню кількості продуктів окисленого хлору в аноліті над кількістю окислених хлоридів.

Література

1. Рисухін В.В., Переробка концентратів, що утворюються при нанофільтраційному очищенні вод з підвищеною мінералізацією / В.В. Рисухін, Т.О. Шаблій, М.Д. Гомеля // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2011.Т.5. - №3 (53) – С. 51-55.
2. Макаренко І.М., Іонообмінне знесолення та пом'якшення вод із підвищеними рівнями мінералізації та жорсткості / І.М. Макаренко, І.М. Трус, В.М. Грабітченко // Праці Одеського політехнічного університету. – 2014. – № 1 (43) . – С. 235-241.
3. Буртна І.А., Огляд мембранних технологій очищення води у водопостачанні та водо-підготовці / І.А. Буртна, Д.В. Литвиненко // Східноєвропейський журнал передових технологій. – 2012. - 6.10 (60). - с. 4-6.
4. Благополучна А., Застосування економічної оцінки мембранних технологій для очищення стічних вод / А. Благополучна, В. Парахненко, Н. Ляховська // Економічні горизонти. – 2022. - (2(20)). - С. 33–41.
5. Балакіна М.М., Електродіаліз у комплексній переробці фільтратів полігонів твердих побутових відходів / М.М. Балакіна // Хімія та технологія води. - 2015. – 37. - № 4. - С. 331-341.

6. Ляшенко Є.В., Процеси очищення води. Кріознесолення /Є.В.Ляшенко, Т.А. Біла, О.В. Охріменко // Таврійський науковий вісник. - №97. - С. 236-243. - 2017.

7. Естефане П. Х., Дослідження тепло та масообміну при водовипарному концентруванні розсолу / П.Х. Естефане, В. Ф. Райка, М. А. Цейтлін // Східно-Європейський журнал передових технологій. 2007.- №5/4(21). - с. 40-44.

OBTAINING OXIDIZED CHLORINE COMPOUNDS FROM SODIUM CHLORIDE SOLUTIONS BY ELECTRODIALYSIS

Yana KRYZHANOVSKA

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute
Beresteyskyi Ave., 37, Kyiv, 03056, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-9747-969X>

Mykola GOMELYA

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute
Beresteyskyi Ave., 37, Kyiv, 03056, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-1165-7545>

Daryna DUDKA

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute
Beresteyskyi Ave., 37, Kyiv, 03056, Ukraine
<https://orcid.org/0009-0009-0390-0438>

Abstract

This work is devoted to the study of the processes of processing sodium chloride solutions, close in composition to reverse osmosis water desalination concentrates, by the electro dialysis method. When conducting electrolysis of solutions, open two-chamber electrolyzers were used. Solutions with sodium chlorides were placed in the anode chamber, and the cathode chamber was filled with alkali solutions with a concentration of 200-1000 mg-eq/dm³. Electrolysis in an open two-chamber electrolyzer was carried out using sodium chloride solutions with a chloride concentration from 60 to 1725 mg-eq/dm³. In this case, an anion exchange membrane MA-41 was used. The cathode was made of alloyed steel 12X18H10T, the anode was made of a titanium plate coated with ruthenium oxide. The area of the electrodes $S_a = S_k = 12 \text{ cm}^2$. The cathode chamber was filled with 0.2 N NaOH solution; the anode region – with a working solution of sodium chloride. At a given current strength, the electrolysis process was carried out for 2-8 hours, periodically monitoring the alkalinity in the catholyte, the content of chlorides and active chlorine in the anolyte.

Keywords: electrolysis, electrochemical purification, oxidation, sodium chloride, active chlorine, sodium hypochlorite, membrane